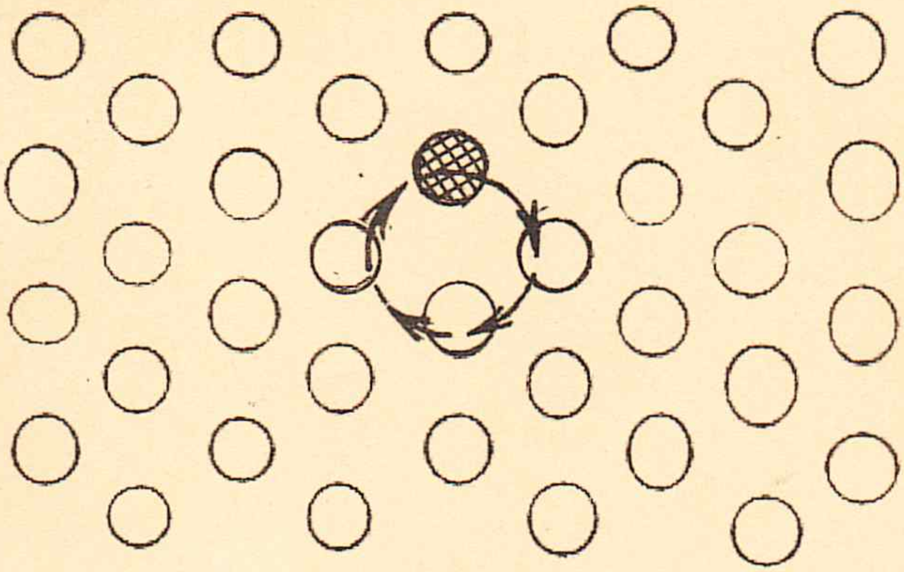
Россия Федерациясенең гомуми һәм профессиональ
белем бирү министрлыгы
Казан дәүләт технология университеты

Ф.Ә.Гарифуллин, Ф.Ф.Ибләминов, В.С.Манько

МАТЕРИАЛЛАР БЕЛЕМЕ БУЕНЧА ЛАБОРАТОРИЯ ЭШЛӘРЕ

Уку ярдәмлеге



2001

Россия Федерациясенең гомуми һәм профессиональ
белем бирү министрлыгы
Казан дәүләт технология университеты

Ф.Ә.Гарифуллин, Ф.Ф.Ибләминов, В.С.Манько

Конструкцион материаллар
Технологиясе кафедрасы

МАТЕРИАЛЛАР БЕЛЕМЕ БУЕНЧА ЛАБОРАТОРИЯ ЭШЛӘРЕ

Уку ярдәмләге

Татарстан Җөмһүриятенең
Милли китапханәсе
Национальная библиотека
Республики Татарстан

Казан 2001

Авторлар: **проф.Ф.Ә.Гарифуллин**
доц.Ф.Ф.Ибләминов
ө.г.х. В.С.Манько

КМТ кафедрасының һәм гомуми инженерлык фәннәрен укыту буенча методик комиссиянең карары белән н(шер ителә.

Г.20. Гарифуллин Ф.Ә., Ибләминов Ф.Ф., Манько В.С.
Материаллар белеме буенча лаборатория эшләре: Уку ярдәмлеге /Казан дәүләт технология университеты. Казан, 2001. 172 б.
ISBN 5-7882-0186-1

Бу ярдәмлектә «Материаллар белеме» курсы буенча лаборатория эшләре тупланган. Тәҗрибәләр үткәрүгә һәм алар өчен үрнәкләр хәзерләүгә карата таләпләр, шулай ук кара һәм төсле металларның, эретмәләрнең микроструктуралары сүрәтләнә.

Ярдәмлек «Материаллар белеме» курсын өйрәнүче студентлар өчен тәкъдим ителә.

Рецензентлар: Материаллар белеме һәм технологиясе кафедрасы мөдире, техника фәннәре докторы, профессор КДТУ (КАИ) Э.Р.Галимов; Гидравлика кафедрасы мәдире, техника фәннәре докторы, профессор КДТУ(КХТИ) Н.Х. Зиннатуллин.

ISBN 5-7882-0186-1

Казан дәүләт технология университеты, 2001г.

ТЕРМИК АНАЛИЗЛАР ӨЧЕН ПРИБОРЛАР ҺӘМ ҖИҺАЗЛАР

1 эш

Эшнең максаты:

1. Лаборатор мичләр, термопара, пирометрларның төзелеше һәм эше белән танышу.
2. Катылыкны билгеләү җиһазларының төзелешен өйрәнү (Бринель һәм Роквелл җиһазлары).
3. Бирелгән үрнәкләрнең (сталь 10, 45, У8, Р18 маркалы корычларның) катылыгын билгеләү.
4. Тәҗрибәләрнең нәтиҗәләре буенча отчет төзү.

Термик анализ нигезенә «температура–вакыт» координатларында җылыну яки суыну кәкреләрен төзү ысулы салынган.

Металл һәм эретмәләрдәге фаза әверелешләре җылылык исәбенә барганга, суыну кәкреләрендә я тукталыш (фаза әверелешләре даими температурада үтә), яки суыну тизлеге үзгәрү исәбенә бөгелеш күзәтергә була (фаза әверелешләре температура интервалында үтә).

Металл һәм эретмәләрнең термик анализларын уздыру өчен, кулланыла торган җиһазларның төзелешен һәм эш принцибын белергә кирәк.

Җылыту җиһазы буларак, гадәттә электр мичләре кулланыла. Электр энергиясен җылылык энергиясенә әверелдерү ысуллары буенча электр мичләре каршылыклы (Джоуль законы буенча, җылыну), дугалы һәм катодлы мичләргә бүленә.

Каршылыклы лаборатор мичләр, эшче киңлекнең формасына карап, көпшәле, тигельле, (яки шахталы) муфельле төрләргә бүленә.

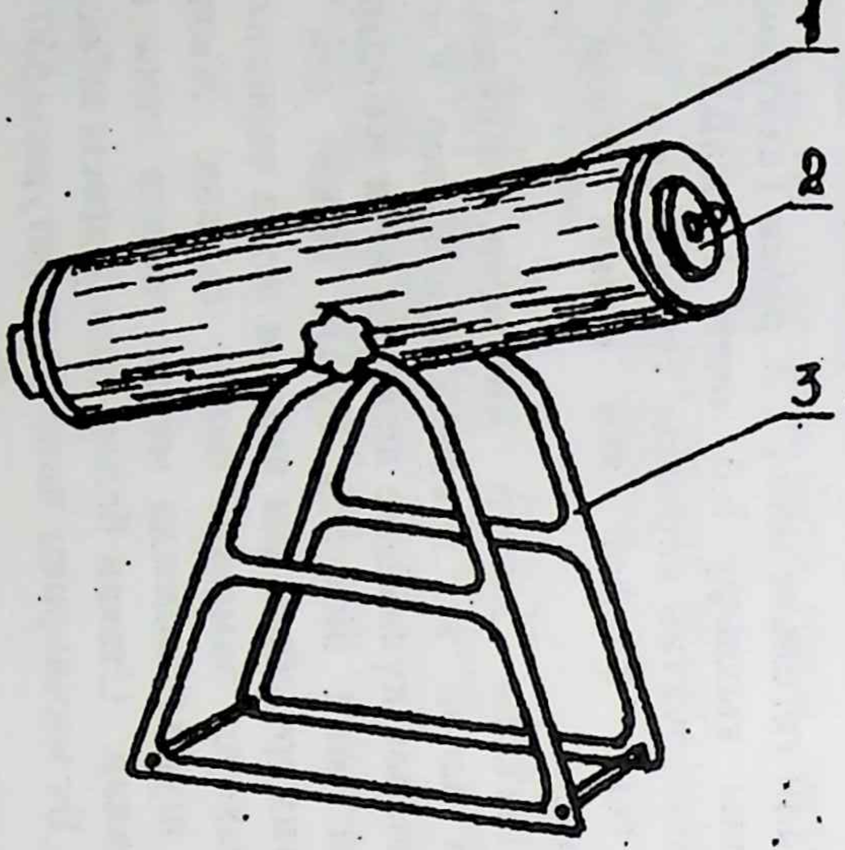
Җылыткычның үлчәменә һәм материалына бәйсез рәвештә, бу мичләрнең төзелешләрендә уртак яклар күп.

Көпшәле электр миче (Т—40/600) (1.1 рәсем) металларны һәм эретмәләрне 1250^0С кадәр температурада термик эшкәртү өчен кулланыла. Мич табаклы корычтан эшләнгән тышчыдан (1), ике башта урнашкан капкачлардан (2) һәм мич терәкләрдән (3) тора.

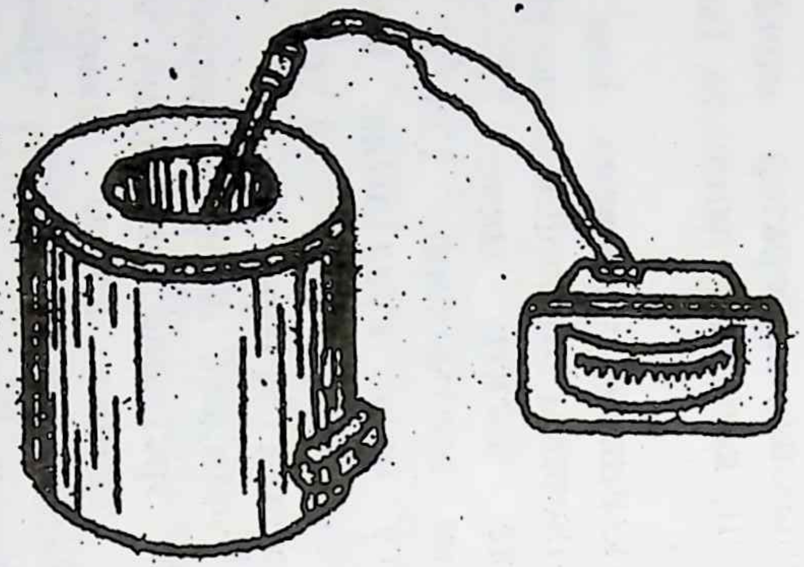
Тышча эчендәге фарфор көпшәдә (ул шамот көпшә эчендә) ЭИ–626 эретмәле җылыткыч элемент урнаштырыла. Көпшә белән тышча арасы шамот валчыклары белән тутырылган. Температураны көйләү терморегулятор, ә тикшерү термопара ярдәмендә башкарыла. Электр миче ике терәк өстенә беркетелгән. Үзенең горизонталь хәленә карата теләсә нинди почмак ясап, мичнең торышын үзгәртергә мөмкин. Ян яктагы тишемнәрдән файдаланып, ягулыкны мичкә ике яктан салырга була.

Гади тигельле мич (1.2 **рәсем**) аз күләмдәге эретмәләр алу, аларны кыздыру һ.б. өчен кулланыла. Аның көпшәле мичтән конструктив аермасы түбәндәгедән гыйбарәт: мичтәге кечкенә генә фарфор яки шамот стакан эченә тигель урнаштырыла.

Шахталы электр мичләрен, нигездә, тиз эрүчән эретмәләр белән эш иткәндә кулланалар. Кагыйдә буларак, аларны кечерәк күләмдәге шахталы итеп ясыйлар. Шахта мичен җыю гади: мич шахтасы булып хезмәт итә торган шамот стаканга тимерчыбык яки нихром лента чорналып тыштан утка чыдам махсус замазка белән сылана. Җылытыла торган стаканны шушы хәлендә металл тышча эченә асбест нигезгә урнаштыралар. Стакан белән тышча арасы асбест мамык белән тутырыла. Бу мичләрнең эшче температурасы 650^0С ка җитә.



Рәсем **1.1. Т–40/600 тибындагы көпшәле электр миче**



Рәсем **1.2. Гади тигельле мич**

Муфельле электр миче МП-2У (**1.3 рәсем**) металларны стационар лабораторияләрдә 1000^0С ка кадәр температурада термик эшкәртү өчен кулланыла. Электр миче табаклы корычтан эшләнгән металл корпустан (1) тора- аның эчендә җылыткыч чорналган керамик муфель (2) һәм идарә итү пульты (терморегулятор) (4) урнаштырыла. Муфель белән тышча арасына җылылык үткәрми торган материал (3) салына.

Үрнәк капкач (5) белән ябыла торган мичкә урнаштырыла. Бу капкач шарнирлы рычагларга куелган. Температура белән терморегулятор ярдәмендә идарә ителә.

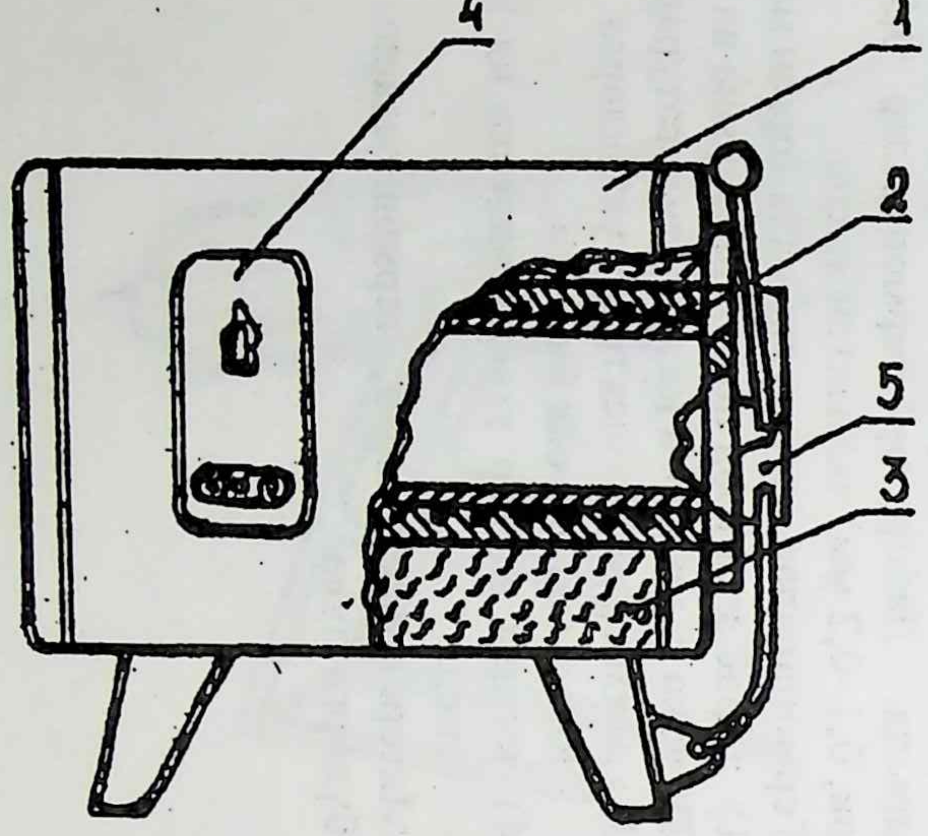
Идарә итү пультының автоматик эшен вакыт–вакыт яктыртып торган сигнал лампасы күрсәтә. Эш вакытында, электр мичендәге температураны үзгәртергә мөмкин. Моның өчен, корпусның арткы стенасындагы эшче камерага милливольтметр һәм термопара кертелә. Мич 140 минут эчендә 1000^0С ка кадәр җылытуга исәпләнгән. Температураны билгеләү өчен, *термометр, термопара, оптик пирометрлар* кулланыла.

Термопара изоляцияләнгән ике үткәргечтән (электродтан) гыйбарәт. Термопара гальванометрга тоташтырыла. Лаборатор термопаралар 0,5 мм диаметрлы (сирәгрәк, 0,1–0,2 мм) чыбыктан ясала.

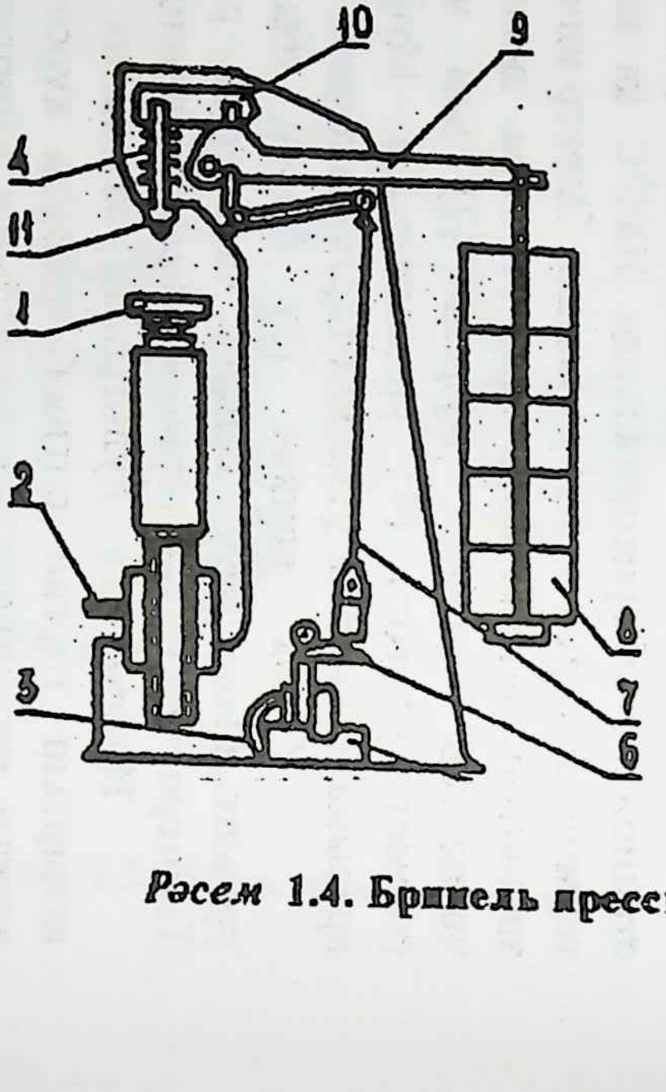
Термопаралар өчен кулланыла торган материаллар:

1) төрле электрод потенциалларына ия булырга;
2) утка чыдам һәм югары температурада оксидлашмаска;
3) даими термоэлектрик үзлекләргә ия булырга һәм югары җылылык бирергә;
4) югары электр үткәрүчәнлеккә ия һәм арзан булырга тиеш.

Материалына карап, термопараларны 3 төп төркемгә бүләргә була.



Рәсем **1.3. МП-2У тибындагы муфельле электр миче**



Рәсем **1.4. Бринель прессы**

1. Затлы металлардан ясалган термопаралар:
   а) платина – платинородий (1600^{0}С ка кадәр);
   б) платина – платиноиридий (1200^{0}С ка кадәр);
   в) алтын – платина – палладий, платинородий белән парлап (1250^{0}С ка кадәр).
2. Гади металлардан ясалган термопаралар:
   а) бакыр–константтан (350–400^{0}С ка кадәр);
   б) хромель–алюмель (1000–1100^{0}С кадәр);
   в) тимер–константан (600^{0}С ка кадәр) һ.б.
3. Металл термоэлектродлар белән металл булмаган элементлар һәм химик кушылмалардан ясалган термопаралар.

Кайбер очракларда, термопараларны һәм каршылыклы термометрларны куллану (үлчәнелә торган температураның зурлыгына карап) мөмкин дә түгел, чөнки бу приборлар тирәлек белән контактта булырга мөмкин. Шуңа күрә, температураны оптик яки радиацияле пирометрлар ярдәмендә, ерактан торып үлчиләр.

Температураны оптик пирометр ярдәмендә үлчәү билгеле озынлыктагы дулкын нурланышын үлчәүгә нигезләнгән.

Кыздырма кылының төсе үзгәрүгә нигезләнгә пирометрлар (ОППИР–09)

Пирометрның эше гадәти лампочкадан килүче яктылыкның җылылык бирүче җисемнең яктылыгы белән тигезләнешенә нигезләнгән. Температураны үлчәү түбәндәгечә башкарыла:

1) окулярны лампочканың кылы ачык күренерлек итеп урнаштыралар;
2) карый торган көпшәне температурасын үлчи торган кыздырылган җисемгә юнәлтәләр;

3) күчерелмәле объективның торышын үзгәртү исәбенә, предметның ачык күренүенә ирешәләр; шуннан соң гына үлчи башлыйлар;
4) Реостат ярдәмендә, лампаның кыздырма кылыннан төшкән яктылыкны предметның яктылыгы белән тигезлиләр һәм, шкала буенча, температураны үлчиләр.

Катылыкны Бринель ысулы белән билгеләү

Сынала торган җисемнең башка катырак җисемне кертүгә каршылыгы катылык дип атала.

Катылыкны Бринель ысулы белән билгеләү методикасында сынала торган металлга билгеле бер басым (P) белән билгеле бер вакыт араларында билгеле бер диаметрлы (D) чыныктырылган корыч шарчык басып кертәләр. Нәтиҗәдә, сынала торган җисем өслегендә эз кала. Басымның P (кгк) барлыкка килгән эзнең мәйданына F(мм^2) чагыштырмасы катылык зурлыгын (HB) күрсәтә:

$$HB = \frac{P}{F}; [кгк / мм^2]$$

Әмма мондый хисаплауларны һәрвакыт ясамыйлар. Катылыкны таблица буенча гына билгелиләр.

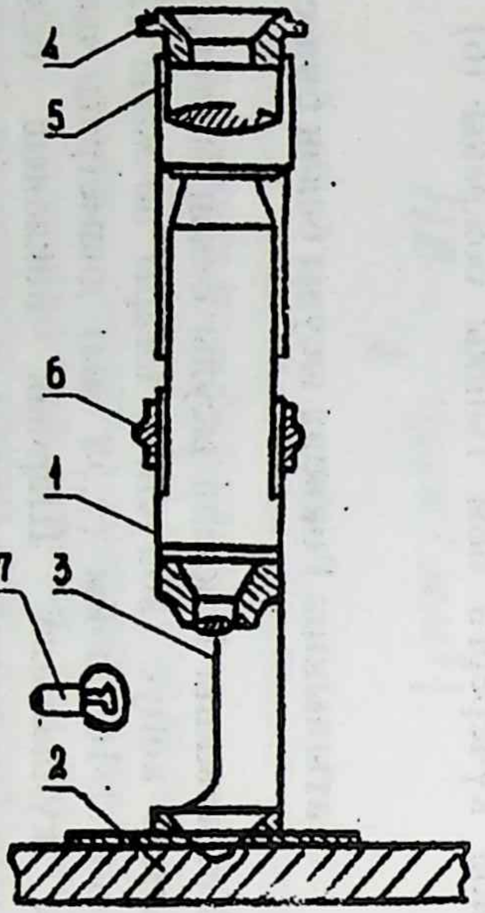
Бринельнең рычаглы прессы 1.4 рәсемдә күрсәтелгән. Бу прибор белән түбәндәге тәртиптә эшлиләр. Сынала торган җисемне өстәлгә (1) урнаштыралар, маховик яки тоткычны (2), әйләндереп, хәрәкәткә китерелә торган винт ярдәмендә, кысага (11) беркетелгән шарчыкка кадәр күтәрәләр. Бу күтәрүне шарчыкны җисемгә кысучы пружина (4) кысылып беткәнче

дәвам итәләр. Бу вакытта, башлангыч басым 100 кгк га җитә. Аннан соң, кнопкага басып, электродвигательне (3) кабызалар, аның ярдәмендә, тизлекләрне үзгәртү тартмасы (5) аша, эксцентрик (6) хәрәкәткә китерелә. Эксцентрик шатунны (7) аска төшерә, нәтиҗәдә, йөкләр (8), рычаглар (9, 10) системасы аркылы, шарчыкка 3000 кг авырлыгындагы төп йөкләнешне тудыра. Эксцентрикның әйләнүе дәвам итсә, шатун югарыга күтәрелә, шарчыктагы йөкләнешне бушата. Рычаг һәм йөкләрне баштагы хәленә кайтара. Йөкләрнең алдагы хәленә кайтуы турында шалтырау яңгырый, электродвигатель эштән туктый. Маховикны яки тоткычны сәгать угы юнәлешенә каршы әйләндерсәк, тикшерелә торган җисем шарчыктан аерыла. Аннан соң, эзнең диаметрын Бринель микроскобы (1.5 рәсем) ярдәмендә үлчәргә мөмкин.

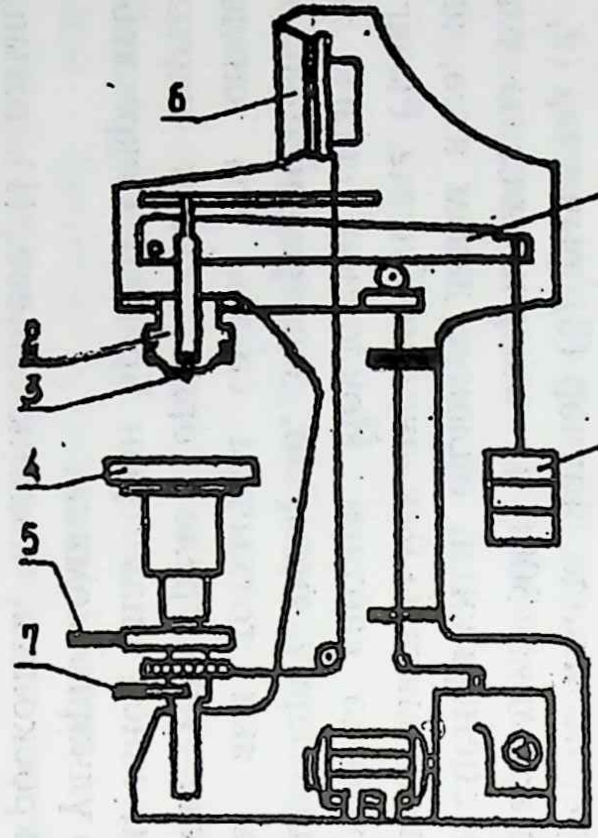
Микроскопны, колонкасыннан (1) тотып, аскы өлеше белән тикшерелә торган җисем (2) өстенә урнаштыралар: бу вакытта, аскы өлештәге тишем – мөмкин кадәр эзгә, ә микроскоп колонкасындагы тәрәзә (3) яктылык чыганагы каршына туры килергә тиеш. Ачык күренсен өчен, окулярны (4) күз турысына куеп, окуляр боҗрасын (5) әйләндерергә кирәк. Эзнең сурәте ачыграк булсын өчен, микроскоп тубусын астан өскә таба күчерергә һәм тышкы боҗраны (6) әйләндерергә кирәк.

Катылыкны Роквелл ысулы белән билгеләү

Катылыкны Роквелл ысулы белән билгеләгәндә, эз ясау өчен, алмаз конус (конусның югары почмагы 120^0С булырга тиеш) яки 1/16 дюйм (1,58 мм) диаметрлы чыныктырылган шарчык кулланыла. Шарчык йөкләнеш белән кертелә. Башлангыч йөкләнеш барлык очракларда 10 кгк га (килограмм көч) тигез, төп һәм барлык авырлык корыч шарчыкта P=100 кгк га, ә алмаз конуста (С шкаласы) P=150 кгк га тигез. Роквелл



Рәсем **1.5. Бринель прессы өчен микроскоп**



Рәсем **1.6. Роквелл катылык үлчәүгече**

приборында сынау (1.6 рәсем) түбәндәгечә үткәрелә. Йөкләрне (1) элеп һәм кысага (2) шарчыкны (3) яки алмазны куйгач, тикшерелә торган үрнәкне өстәлгә (4) урнаштыралар. Маховик (5) ярдәмендә, үрнәкне алмаз конус (шарчык) янына китерәләр һәм, башлангыч йөк 10 кгк га җиткәнче, җиңелчә генә басып кертәләр. Бу вакытта, индикаторның (6) циферблатындагы кечкенә ук кызыл ноктага куела. Аннан соң, индикаторның боҗрасы кара шкаланың ноле зур ук белән туры килерлек итеп борыла. Клавишага (7) кул белән җиңелчә басып, йөкләр (1) куелган рычагны (8) эшләтәләр. Зур ук Роквелл буенча катылыкны күрсәтә. Тәҗрибә мәгълүматлары нигезендә табылган Роквелл буенча катылык санын таблицадан файдаланып, Бринель буенча катылык санына күчерергә мөмкин.

Тәҗрибәләрнең нәтиҗәләре таблицага язылa. Эшнең күрсәткечләренә карап, тиешле нәтиҗәләр ясала.

Таблица

Тәртип номеры	Корыч маркасы	HRB	HRC	HB	Искәрмә
1.	Сталь10				
2.	Сталь45				
3.	У8				
4.	Р18				

Үз–үзеңне тикшерү өчен сораулар

1. Термик анализ нәрсә ул?
2. Температураны үлчәү өчен нинди приборлар кулланыла?
3. Термопаралар нинди металлыдан эшләнә?
4. Электр энергиясенең әверелү ысулы ягыннан мичләр нинди төрләргә бүленә?
5. «Катылык» дигән термин нәрсәне аңлата?
6. Металларның катылыгын нинди приборлар ярдәмендә билгелиләр?
7. Роквелл һәм Бринель приборларында катылыкны үлчәгәндә, тәҗрибә җисеменә нинди йөкләнеш төшә?
8. Бу приборларда үлчәү ысулы нинди?
9. Углеродлы корычларда, углеродның микъдары артканда, катылык ничек үзгәрә?
10. Нинди корыч катырак: Р18 маркалымы әллә У8 маркалымы?

МЕТАЛЛАРНЫ ҺӘМ МЕТАЛЛ ЭРЕТМӘЛӘРЕН МИКРОСКОП ЯРДӘМЕНДӘ ТИКШЕРҮ

2 эш

Эшнең максаты:

1. Микрошлифлар (микрошомартмалар) хәзерләү процессын өйрәнү;
2. Металломикроскопның төзелешен өйрәнү һәм аның эшләү алымнарын үзләштерү;
3. Объективны билгеле бер зурлыкка зурайткан вакытта окуляр–микрометрның бүлемтек кыйммәтен билгеләү;
4. «Кургаш–сөрмә» эретмәнең бөртеген үлчәү, эретмәнең бөртек зурлыгы һәм механик составы турында нәтиҗәләр ясау.

Тикшерелә торган металл үрнәген кисү

Металл яки эретмәләрнең төзелешенә микроанализ ясау өчен махсус хәзерләнгән үрнәкләр – микрошлифларны микроскоп ярдәмендә тикшерәләр. Микрошлиф хәзерләү – тикшерелә торган металлдан дөрес итеп үрнәк кисеп алу. Үрнәктә ялтырап торган яссы өслек барлыкка килә, аңарда металлның төзелеше ачыклана.

Микрошлифларны, кагыйдә буларак, кечкенә үлчәмнәрдә хәзерлиләр (мәсәлән, кабыргасы 10 мм булган куб яки диаметры 10–15 мм һәм биеклеге 10 мм булган цилиндр. Әгәр үрнәкләр кечкенә үлчәмдә булса (тимерчыбык, юка табак һ.б.), шлиф ясау өчен, тиз эри торган материаллар. (Вуд эретмәсе, күкерт, полистирол һ.б.) кулланыла.

Йомшак материалдан үрнәк кисү өчен, пычкы, фреза һәм кискеч кулланыла. Катырак металлар өчен карборундлар яисә вулканит дисклар алына.

Кисү процессында, металл үрнәкләре җылынып, төзелеше үзгәрмәсен өчен, металлны суытырга кирәк. Әгәр материал уалучан булса, үрнәккә, башта, чүкеч белән суккалап алалар, аннан соң, шлиф ясыйлар.

Тикшерелә торган металл төзелешен дөрес итеп билгеләү өчен, үрнәк алынасы урынны һәм шомартыласы өслекне сайлап алу бик мөһим. Коелма металларның (фасонлы коелмалар) микротөзелешен төрле кисемнәрдә (иң зурыннан иң кечкенәсенә кадәр) тикшерергә кирәк, чөнки кристаллашу процессында аларның суыну тизлеге бөртерле булмый, ә күпчелек эретмәләрнең төзелеше нәкъ менә суыну тизлеге белән билгеләнә. Шомарту яссылыгын, кагыйдә буларак, җылылык үтә торган өслеккә перпендикуляр итеп сайлылар.

Пластик деформацияләнгән эшләнмәләрне (кою яки штамповкалаудан соң) тикшергәндә, үрнәкне иң күп деформацияләнгән (катлаулы бөгелгән яки нык тартылган), шулай ук деформацияләнмәгән урыннардан кисеп алалар. Бу очракларда төзелеш металл агымы юнәлешендә тикшерелә.

Термик юл белән (җылыту юлы белән) эшкәртелгән эретмәләрнең төзелешен детальнең өске өслегендә дә, тирәнрәк катламнарда да тикшерәләр, үрнәк тә шулар нигезендә хәзерләнә.

Шлифны хәзерләү

Металлографик тикшерү ясаганда, үрнәкнең өслеге махсус эшкәртелә, эшкәртү берничә өлештән тора. Башта яссы өслек ясала, аннан соң, бу өслекне шомарталар, полировкалыйлар һәм химик юл белән эшкәртәләр. Үрнәкнең яссы өслеген (йомшак чималдан булса) игәү белән игәүлиләр, ә

Татарстан Җомһүриятенең
Милли китапханәсе
Национальная библиотека
Республики Татарстан

каты чималны түгәрәк кайрак белән эшкәртәләр. Аннан соң, үрнәкне наждак кәгазе белән шомарталар. Башта, эре бөртекле наждак кәгазе, ә аннан соң, вак бөртекле наждак кәгазе белән шомартырга кирәк. Шомартуны бер юнәлештә генә үткәрәләр. Аннан соң, икенче төрле номерлы кәгазьгә күчкәндә, алдан ясалган эзләрне бетерү өчен, шомарту юнәлешә 90 градуска үзгәртәләр.

Туңас шомартудан йомшак шомартуга кискен күчү киңәш ителми, чөнки кырып алынган металл һәм абразив кисәкчекләре өслектәге батынкылыкларны тутыра, шунлыктан, шлифның яхшы сыйфатлы булып күренүе мөмкин.

Шлифовканы шулай ук махсус станокларда да эшләргә мөмкин, аларда шомарткач кәгазь әйләнеп торучы дискларга яки тасмаларга беркетелгән була.

Йомшак металларны ышкыганда, наждаклы кәгазьне керосин белән чылатырга, ә төсле металларны эшкәрткәндә, юка парафин катламы белән капларга киңәш ителә, болай эшләгәндә, металл эченә абразивның каты кисәкчекләре керә алмый.

Шомартканнан соң, үрнәкне абразивтан җентекләп чистарталар (су белән юып яки һава өрдереп) һәм ялтыраталар. Ялтыратуның механик, химик–механик һәм электрохимик юллары кулланылырга мөмкин.

Механик ялтырату йомшак материал (фетр, бархат, сукно) тарттырылган әйләнмә түгәрәк ярдәмендә башкарыла. Материалны абразив матдәләрнең югары дисперсияле кисәкчекләренең (алюминий оксиды, хром оксиды, корыч оксиды һ.б.) известьлы кушылмасы белән яхшылап чылаталар. Өслек көзгедәй ялтыраганчы шомартырга кирәк.

Химик–механик ялтырату вакытында, шомартучы катнашмага шомарту процессы тизләтүче химик актив матдәләр кушыла.

Электрохимик шомарту электролит ваннада үрнәкне уңай полюска – анодка тоташтыру юлы белән эшләнә.

Электролитның составы, катод пластинасының материалы һәм анод тогының тыгызлыгы шомартыла торган материалга бәйле. Ток узган вакытта, шомартудан соң калган барлык тигезсезлекләр дә эри. Аннан соң, өслекне, металлның чисталыгы (металл булмаган кисәкчекләрнең булу–булмавын) һәм ялтырату сыйфатын тикшерү өчен, микроскоп аша карыйлар.

Тулы макроструктураны ачыклау максаты белән, үрнәкне химик юл белән эшкәртергә кирәк. Башта, шлиф өслеген спирт белән майсызландыралар һәм химик эремәгә салалар. Химик эшкәртү металл өслеге белән химик актив матдә арасындагы тәэсир итешүдән гыйбарәт. Электрохимик потенциалның бертөрле булмавы аркасында, аерым бөртекләрнең яки фазаларның реактив белән тәэсир итешүе дә төрле була. Ә бу исә, структураны билгеләргә мөмкинлек бирә.

Шлифларны химик эшкәртү өчен төрле реактивлар кулланыла. Тимер–углеродлы эретмәләрне азот кислотасының этил спиртындагы 4–5% лы эремәсе белән, югары легирланган корычларны – «патша аракысы» (3 өлеш хлорид кислотасы+1 өлеш азот кислотасы) белән эшкәртәләр.

Химик юл белән эшкәрткәннән соң, өслек ялтыравыгын югалтмаса (эшкәртелеп бетмәсә), өстәмә эшкәртәләр, өчлек карангыланса (артык эшкәртелсә), шлифны яңадан ялтыраталар, ә аннан соң, химик эшкәртүне кабатлыйлар.

Микроскопның төзелеше

Металларның микроскопик структурасын өйрәнү өчен, металлографик микроскоплар кулланыла. Ул, кайтырылган яктылык ярдәмендә, әйберләрне карарга мөмкинлек бирә. Промышленность вертикаль һәм горизонталь микроскоплар чыгара, алар 2000 мәртәбәге кадәр зурайта ала.

Микроскоп өч өлештән оптик система, яктырткыч, механик системадан тора (2.1 рәсем).

Оптик системага объектив, окуляр, көзге һәм призма керә. Объектив тимер кысадагы линзалар системасыннан тора, алар объектка юнәлткән. Ул объектның зурайтылган чын сурәтен күрсәтә.

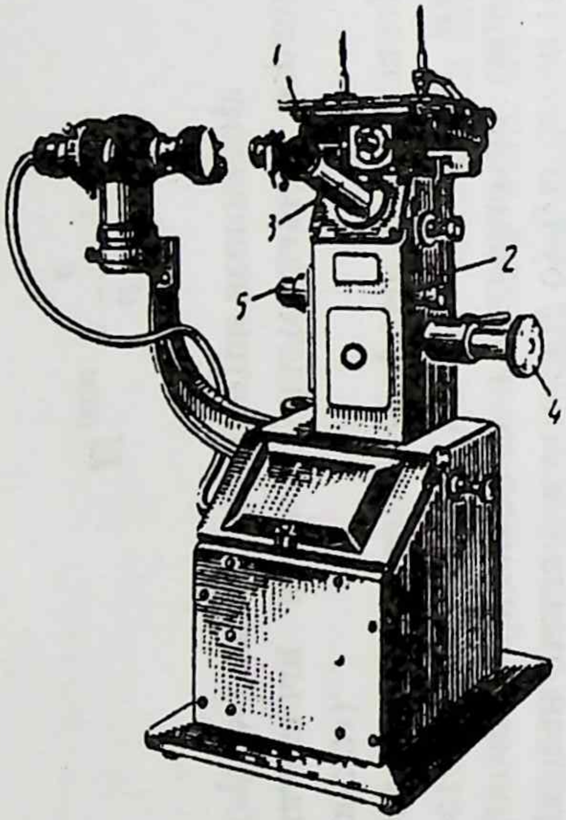
Окуляр бер кысадагы берничә линзадан тора, тикшерүченең күзе шул линзаларга карый.

Окулярлар оптик җитешсезлекләрне бетерә һәм, объективтагыны зурайтып, уйланма сурәт бирә. Күз белән күзәткән вакытта, объектив белән окулярның бергә зурайтуы аларның зурайту зурлыклары тапкырчыгышына тигез. Окулярның һәм объективның зурайту зурлыклары аларның металл кысаларында һәм микроскоп тасвирламасындагы таблицаларда күрсәтелә.

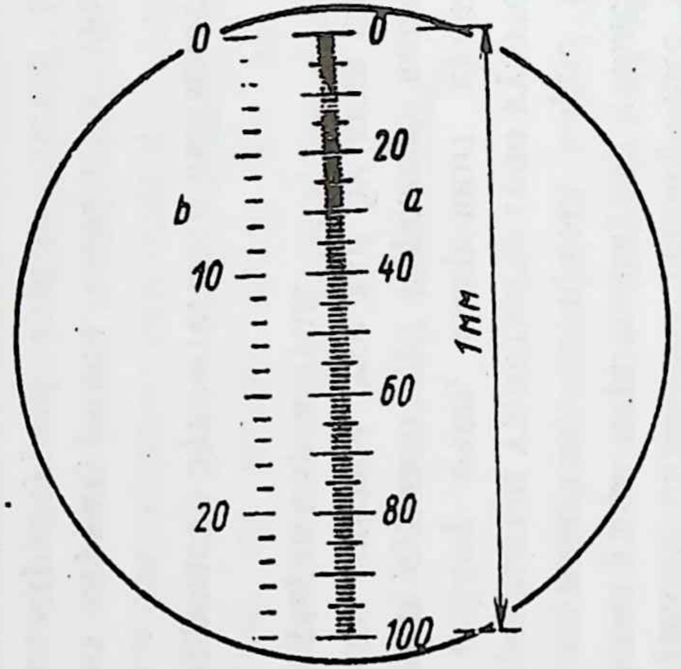
Микрошлифны яктырту объектив аша, яктырту җайланмасы ярдәмендә башкарыла, ул исә, яктылык чыганагыннан, линзалар, яктылык фильтрлары һәм диафрагмалар сериясеннән тора. Яктылык чыганагы сыйфатында түбән вольттагы кыздырма кыллы электр лампалары кулланыла, фотога төшерү өчен 110–120 В лы алмаш яки даими ток лампаларыннан файдаланалар. Күз белән карау өчен, кеше күзе яхшы сиземли торган сарылы–яшелле фильтрлар куллану киңәш ителә.

Металлографик микроскопта микрошлифны күзәтү өчен, вертикаль яктырту (якты кырда күзәтү) яки кыек яктырту (караңгы кырда күзәтү) ясарга мөмкин, шулай ук полярлашкан яктылык ярдәмендә (ягъни яктылыкның дулкын тирбәнешләрен билгеле бер яссылыкта) күзәтергә була.

Микроструктураның дөрес һәм ачык сурәтен алуга микроскопның механик системасы ярдәмендә ирешелә, ул корпустан, предмет өстәленнән, макро– һәм микровинтлардан һәм тубустан тора.



Рәсем 2.1. МИМ–6 металломикроскопының тышкы күренеше



Рәсем 2.2. Микроскоп объект–микрометрның (а) һәм окуляр-микрометрның (б) шкалары берләшмәсе

Предмет өстәленә шлифның тикшереләсе өслеген аска каратып куялар. Өстәл узара перпендикуляр юнәлешләр буенча күчеп йөри ала, шунлыктан, шлифның төрле өлешләренең төзелешен фокус ераклыгын үзгәртмичә генә күзәтергә мөмкин. Фокуска якынча көйләү өчен, макровинт кулланыла. Аны борып, структураның сурәтен күз күременә көйлиләр. Төгәл фокуслау өчен шушы винтны теге яки бу якка бер яисә ярты әйләнешкә кадәр борырга кирәк була.

Окуляр–микрометр бүлемтегенең кыйммәтен билгеләү

Микроанализ структураның сыйфатын тикшерү белән генә чикләнми, ә структурага кергән состав өлешләренең, мәсәлән, бөртекнең зурлыгын, катламның тирәнлеген үлчәү кебек микъдари тикшерүләр алып барырга да мөмкинлек бирә.

Кисәкчекләрнең үлчәмнәрнең билгеләү өчен, объект– һәм окуляр–микрометрлар кулланыла.

Объект–микрометр озынлыгы 1 мм һәм бүлемтек кыйммәте 0,01 мм (10 мкм) булган шкала төшерелгән пыяла яки металл пластинадан гыйбарәт.

Окуляр–микрометр гадәти окулярдан 100 бүлемтекле шкала төшерелгән пыяла пластинасы булуы белән генә аерыла. Окуляр–микрометр бүлемтегенең кыйммәтне билгеләү өчен, предмет өстәленә шлиф урынына объект–микрометрны урнаштыралар һәм ике микрометрның да шкалаларын рәттән куялар (2.2 рәсем).

Шкалаларның кайбер участокларын берләштергәннән соң, окуляр бүлемтегенең кыйммәтен исәплиләр:

$$Ц_{окм} = \frac{a \cdot b}{c};$$

биредә а – объект–микрометр бүлемтегенең кыйммәте (0,01мм); b – объект–микрометрның окуляр–микрометр бүлемтекләре белән туры килгән бүлемнәре саны; с – окуляр–микрометрның объект–микрометр булемтекләре белән туры килгән бүлемнәре саны.

Эретмәдәге бөртекнең зурлыгын билгеләү

Окуляр–микрометр бүлемтегенең кыйммәтен белгәннән соң, шул ук юл белән нинди дә булса микрообъектның үлчәмнәрен белергә була. Моның өчен, предмет өстәленә объект–микрометр урынына тикшереләсе микрошлифны куярга, аның өслеген карап чыгып, шлиф өчен иң характерлы бөртекнең мәйданын үлчәргә кирәк. Аннан соң, уртача мәйдан исәпләнә. Соңыннан, стандарт үлчәмнәр шкаласы буенча, табылган мәйданны таблица белән чагыштырып, бөртекнең номерын эзләргә кирәк.

Таблицада 8 номер бар. Бөртек мәйданының номеры 1, 2, 3, 4 – булган металл яки эретмәнең структурасы эре кристаллы; 5, 6 булганнары – уртача кристаллы һәм бөртек мәйданының номеры 7, 8 булганнары вак кристаллы дип санала.

Кургаш–сөрмә эретмәсенең бөртеклелек баллын билгеләп, эшләнгән эш турында отчет языгыз һәм эретмәнең нинди структуралы булуын, нинди механик үзлекләргә ия булганлыгын күрсәтегез.

КУРГАШ–СӨРМӘ ЭРЕТМӘСЕНЕҢ ХАЛӘТ ДИАГРАММАСЫН АНАЛИЗЛАУ

3 эш

Термик анализ ысулы

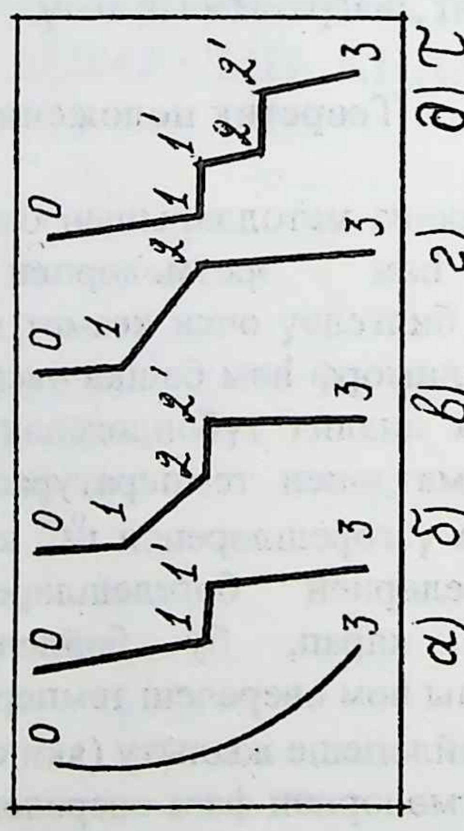
Эшнең максаты: термик анализ ысулы ярдәмендә кургаш–сөрмә эретмәсенең халәт диаграммасын төзү.

Теоретик положениеләр

Физик–химик анализ методларының берсе – термик анализ. Ул металларның һәм эретмәләрнең фаза әверешләре температурасын билгеләү өчен хезмәт итә, ягъни матдәнең эрү, кристаллашу, полиморф һәм башка әверешләре температурасын билгели. Термик анализ түбәндәгедән гыйбарәт: җылытканда яки суытканда матдәнең температурасы үзгәрешләрен күзәтү һәм температура үзгәрешләренең t^0C вакытка бәйлелеген $t=f(\tau)$ күрсәтү. Кәкреләрнең бөгелешләренә һәм горизонталь мәйданчыкларга карап, бу бәйлелекләр буенча критик температураларны һәм әверелеш температураларын билгелиләр.

$t=f(\tau)$ – бәйләнеше җылыту (яки суыту) кәкресе дип атала. Металл һәм эретмәләрнең фаза әверелешләре температураларын билгеләгәндә, гадәттә суыту кәкреләрен файдаланалар (3.1 рәсем). Фаза әверелешләренең температуралары билгеле булмаган аморф җисемнәрдә суыту температурасы салмак сызык рәвешендә була (3.1а рәсем).

Кристаллик матдәләрнең суыту кәкреләрендә бөгелешләр һәм горизонталь участоклар була (3.1*в,г,д* рәсем).



Рәсем 3.1. Суыгу кәкреләре.

Аерым кристаллик матдәләр, тотрыклы химик кушылмалар, эвтектик составлы (җиңел эретелә торган) эретмәләр даими температурада кристаллаша.

Бу суыту кәкреләренең 1–1' горизонталь участогына туры килә (3.1б рәсем). Бу участокның хасил булуы түбәндәгечә аңлатыла: кристаллашу процессы экзотермик була һәм матдәнең суыту процессында җылылык югалту кристаллашу вакытында аерылып чыккан яшерен җылылык белән компенсацияләнә.

0–1 участогы эретмәнең сыек хәлдә суынуына туры килә, 1–3 нче участок – каты хәлдә суынуыны күрсәтә.

Эретмәләр (эвтектиклыдан башкалары) температуралар интервалларында кристаллаша. Эретмәнең суыну кәкресенең төре аның компонентларының узара тәэсир итешүенә бәйле.

Әгәр эретмәнең компонентлары каты хәлдә эремәсә, суыту кәкресе *в* рәвешендә күрсәтелә (3.1 рәсем).

Биредә 0–1 участогында эретмә сыек хәлдә суына. Эретмәнең ниндидер бер компонентының концентрациясе аның эвтектик эремәдәге концентрациясеннән кристаллашуы 1 ноктасына туры килә торган температурада башлана, ә 2 ноктасы туры килә торган температурада тәмамлана. Кристаллашу процессы җылылык аерып чыгару белән бара, шуңа күрә, биредә температураның кимү тизлеге һәм 1–2 участогының ордината күчерүенә авышлыгы 0–1 участогына караганда азрак. 2–2' участогы эвтектик концентрациядәге эретмәнең кристаллашуына туры килә, 2–3 участогы – эретмәнең каты хәлдәге суынуына туры килә.

Әгәр эретмәнең компонентлары бер–берсендә каты хәлдә чикләнмәгән күләмдә эресәләр, суыту кәкресе *г* рәвешендә күрсәтелә (3.1 рәсем).

Биредә 0–1 участогы эретмәнең сыек хәлдәге суынуын күрсәтә, 1–2 участогы эретмәнең үзгәрүчән температурада кристаллашуын , ә 2–3 участогы каты эретмәнең суытышуын күрсәтә.

(3.1 *б,в,г* рәсем) суыну кәкреләре бары беренчел кристаллашу, ягъни сыек хәлдән каты хәлгә күчүне күрсәтә.

Кристалл матдәләрнең күпчелегенә икенчел кристаллашу да, каты хәлдә бер фазадан икенче фазага күчү дә хас. Мәсәлән, бер полиморф модификациядән икенчесенә күчү яки эретмәләрне суыту процессында каты эретмәдән артык компонентларны аерып чыгару һ.б.

3.1*д* рәсемдә каты хәлдә бер полиморф модификациядән икенчесенә күчкәндә, кристаллик матдәнең суыту кәкресе күрсәтелгән.

0–1 участогы сыек эретмәнең суынуын, 1–1’ участогы матдәнең югары температуралы β модификациясе барлыкка килүне күрсәтә, 1’–2 участогы каты фазаның суынуын, 2–2’ участогы матдәнең түбән температурадагы полиморф α–модификациясен хасил итеп, икенчел кристаллашуын, 2’–3 каты фазаның суынуын күрсәтә.

Эретмә халәтенең температурага һәм составына бәйлелеген халәт диаграммасы рәвешендә күрсәтәләр. Ул эретмә компонентларына термик анализ нәтиҗәләре һәм шушы системаның конкрет эретмәләре нигезендә ясала. Халәт диаграммасы матдәнең тотрыклы халәтен, ягъни шушы шартларда аның ирекле энергиясенең иң түбән булганын күрсәтә. Шуңа күрә, аны тигезлек диаграммасы дип тә атыйлар.

«Кургаш–сөрмә» эретмәсе мисалында эретмәнең халәт диаграммасын тезүне тикшерик. Бу эретмәнең компонентлары сыек хәлдә чикләнмичә эриләр, химик кушылмалар хасил итмиләр һәм каты хәлдә эремиләр (1 төр халәт диаграммасы).

3.2 рәсемдә төрле концентрациядәге эретмәләрнең һәм эретмә компонентларының суыну кәкреләре күрсәтелгән. 1 нче таблицада – эретмәләрнең составы һәм аларның критик температуралары бирелгән.

Эретмәләрнең халәт диаграммасы (3.2 рәсем) «температура» (ордината күчәр) – «компонентларының концентрациясе» (абсциссалар) координаталарда төзелә.

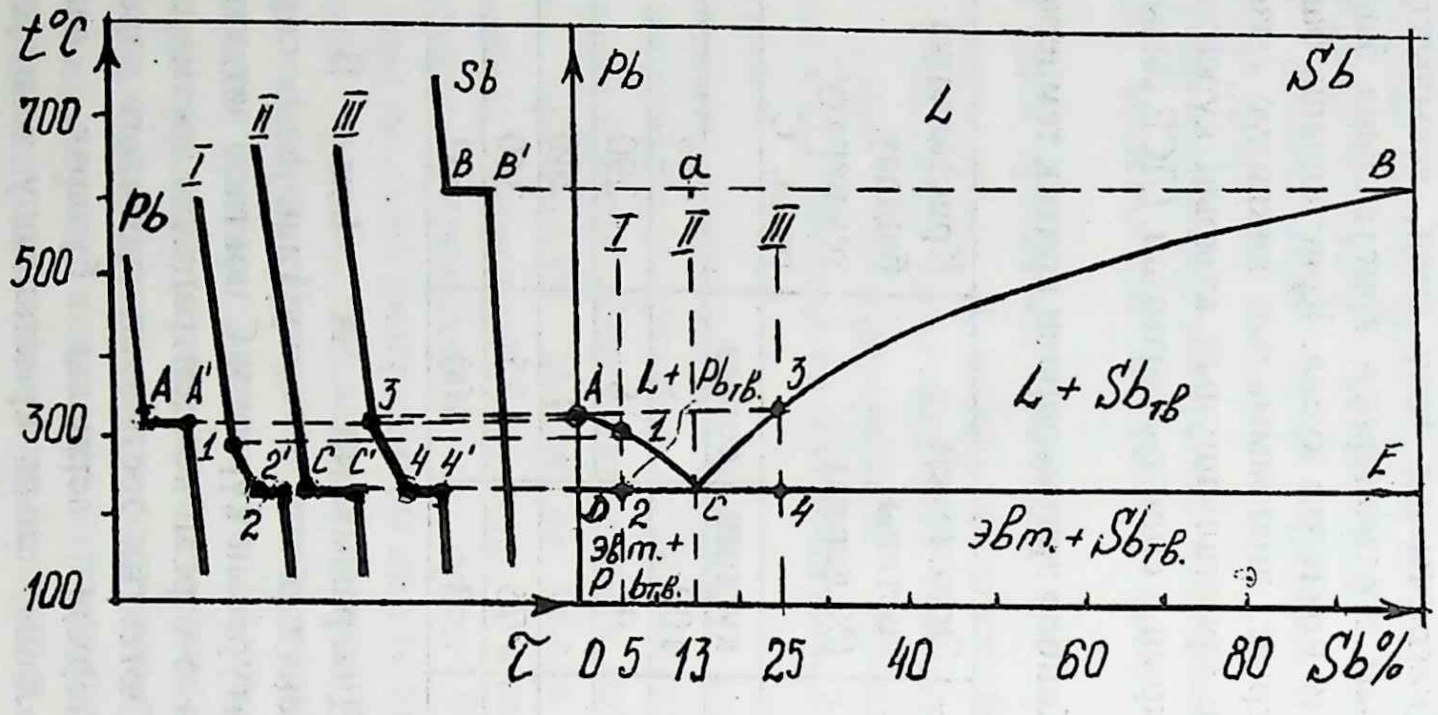
Диаграмманы төзү өчен, яссылыкта компонентларның һәм аерым эретмәләрнең кристаллаша башлануын һәм бетүен күрсәтүче нокталар куела. Кристаллаша башланган нокталарны тоташтырып, диаграмманың ликвидус сызыгын төзиләр (ADC сызыгы): кристаллашуның ахырын күрсәтә торган нокталарны тоташтырып – солидус сызыгын (ДСЕ сызыгын) төзиләр.

Кайбер эретмәләрнең критик температуралары

1 таблица

Эретмә–нең шифры	Эретмәнең составы, (% ларда)		Кристаллаша башлау температу–расы, ^{0}C	Кристаллаша тәмамлау температурасы, ^{0}C
	кургаш	сөрмә		
Pb	100	-	327	327
I	92	8	290	246
II	87	13	246	246
III	75	25	340	246
Sb	3	100	631	631

Диаграмманың А һәм В нокталары чиста компонентларның – кургаш һәм сөрмәнең кристаллашу температурасын күрсәтә. С ноктасы эвтектик ноктасы дип, ә аңа туры килә торган концентрацияле эретмә эвтектик эретмәсе дип атала. Эвтектик эретмәнең түбәндәге үзлекләре бар: ул башка эретмәләрдән аермалы буларак, даими температурада кристаллаша, аның кристаллашу температурасы – иң түбән. Эретмәнең структурасы – эвтектика, ягъни эретмә



Рәсем 3.2. «Кургаш- сөрмә» эретмәсенең халәт диаграммасын төзү.

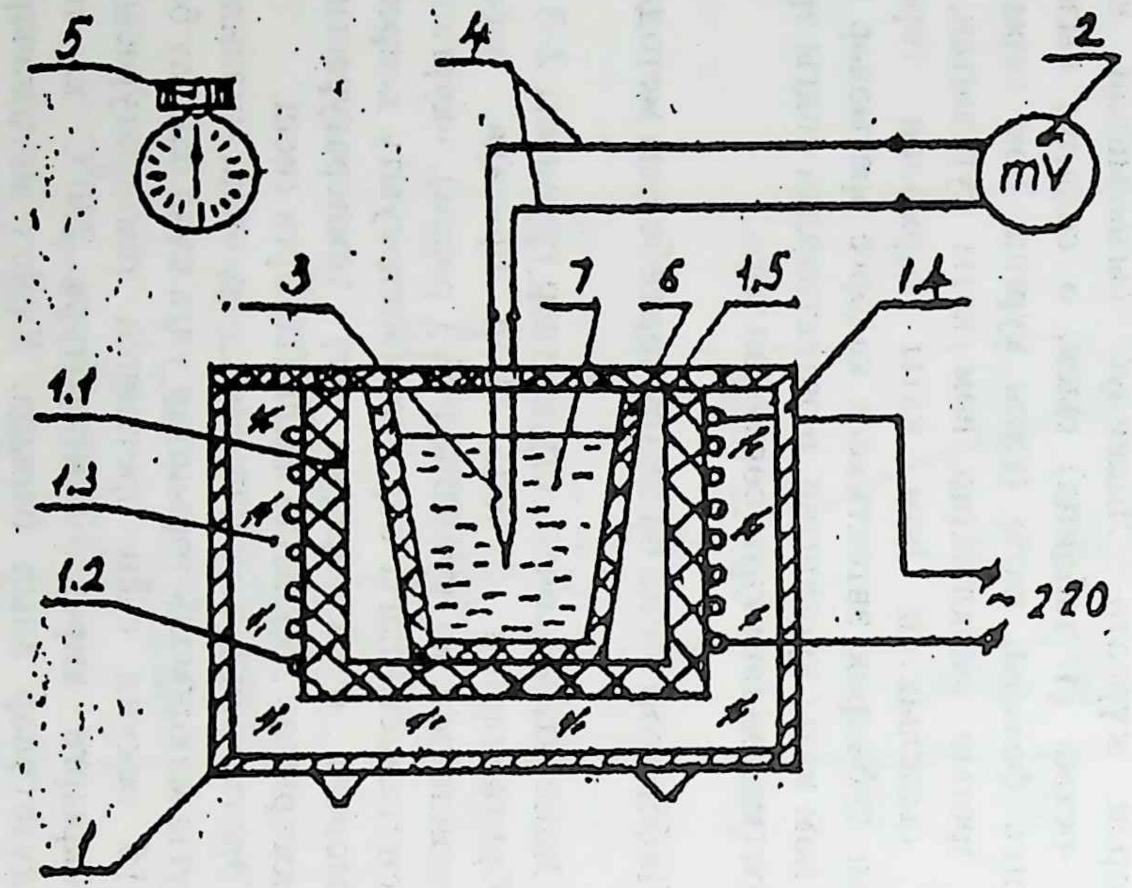
компонентлары кристалларының механик катнашмасы булып тора.

Диаграмманың аС сызыгыннан сулдарак урнашкан өлкәсе – эвтектикага кадәрге булган өлкә дип атала. Ул эвтектикага кадәрге булган эретмәләрнең составларын һәм аларның фаза әверелешләрен күрсәтә.

Диаграмманың аС сызыгыннан уңдарак урнашкан өлкәсе – эвтектикадан соң урнашкан эретмәләрнең составын һәм фаза әверелешләрен күрсәтә. Ликвидус сызыгыннан югарырак урнашкан эретмә (1 таблица) сыек, ә солидус сызыгыннан түбәнрәк ике фазалы, каты (каты кургаш һәм сөрмә). ACD өлкәсендә эретмә сыеклыктан һәм каты кургаштан, ә BCE өлкәсендә сыеклыктан һәм каты сөрмәдән тора. DCE сызыгыннан түбәнрәк эвтектикага кадәрге эретмәләр эвтектик эретмәдән һәм каты кургаштан, ә эвтектикадан соңгы эретмәләр эвтектик эретмәдән һәм каты сөрмәдән тора.

Лаборатор эшне башкару тәртибе һәм методикасы

1. Эшне үткәрү өчен, студентлар группасы 2–3 кешелек бригадаларга бүленә. Һәр бригада, лаборатория җайланмасын кулланып (3.3 рәсем), «кургаш–сөрмә» системасындагы бер эретмәнең суыту кәкресен төзи, моның өчен эретмә эрү температурасыннан да югарырак дәрәҗәдә җылытылырга тиеш.
2. Эретмәнең суыту кәкресен төзү өчен, милливольтметр угы максималь торыштан уңга күчә башлау белән, һәр 15 секунд саен эретмәнең температурасын үлчәп барырга кирәк. Температура 230^0C ка төшкәнче, күзәтүләр алып барыла. Күзәтү нәтиҗәләре 2 нче таблицага языла.



Рәсем 3.3. Эретмәне термик анализлау җайланмасының схемасы:

1- тигель миче; 1.1- тигель; 1.2- электр двигателе; 1.3- җылылык изоляцияләү материалы; 1.4- корпус; 1.5- капкач; 2- милливольтметр; 3- термопар; 4- тоташтыру үткәргечләре; 5- секундомер; 6- стакан; 7- эретмә.

2 таблица

Суыту процессында эретмә температурасын үлчәү

Эретмәнең составы, %: кургаш___________		сөрмә___________
номер	вакыт, с	температура, ^0C

3. 2 таблица күрсәтүләре буенча, миллиметрлы кәгазьдә «температура–вакыт» координаталарында суыту кәкресен төзергә. Түбәндәге масштаблар иң кулай дип кабул ителгән: вакыт масштабы: 1 мм – 15^0C, температура масштабы: 1 мм – 2^0C.
4. Бөгелүләр һәм горизонталь мәйданчыклар буенча, суыту кәкресендә эретмәнең кристаллаша башлау һәм ахыргы температураларын билгеләргә.
5. Барлык бригадалар билгеләгән критик температураларны 3 таблицага язарга.

3 таблица

Кургаш–сөрмә системасындагы кайбер эретмәләрнең критик температуралары

Эретмә номеры	Эретмәнең составы		Кристаллаша башлау температурасы, ^0C	Кристаллаша бетү температурасы, ^0C
	кургаш	Сөрмә		
1	100	–	327	327
2	95	5		
3	90	10		
4	87	13		
5	80	20		

6	60	40		
7	–	100	631	631

6. 3 таблицада күрсәтелгәннәр буенча, миллиметрлы кәгазьдә кургаш–сөрмә эретмәсенең халәт диаграммасын төзергә. Төп сызыкларны һәм нокталарны сыйфатларга, диаграмманың төрле участокларында эретмәнең фаза составын күрсәтергә. Диаграмма төзү өчен, түбәндәге масштабларны алырга, концентрация масштабы: 1 мм – 1%, температура масштабы: 1 мм – 5^0С.

Эшкә хисап ясау тәртибе

Отчетта эшнең темасы һәм максаты, термик анализ үткәрү җайланмасының схемасы (3 рәсем), суыту кәкресе, эретмәнең халәт диаграммасы, 1 һәм 2 таблицалар булырга тиеш.

ТИМЕР ҺӘМ УГЛЕРОДЛЫ ЭРЕТМӘЛӘРНЕҢ ТИГЕЗЛЕК ХӘЛЕНДӘГЕ СТРУКТУРАСЫ

4 эш

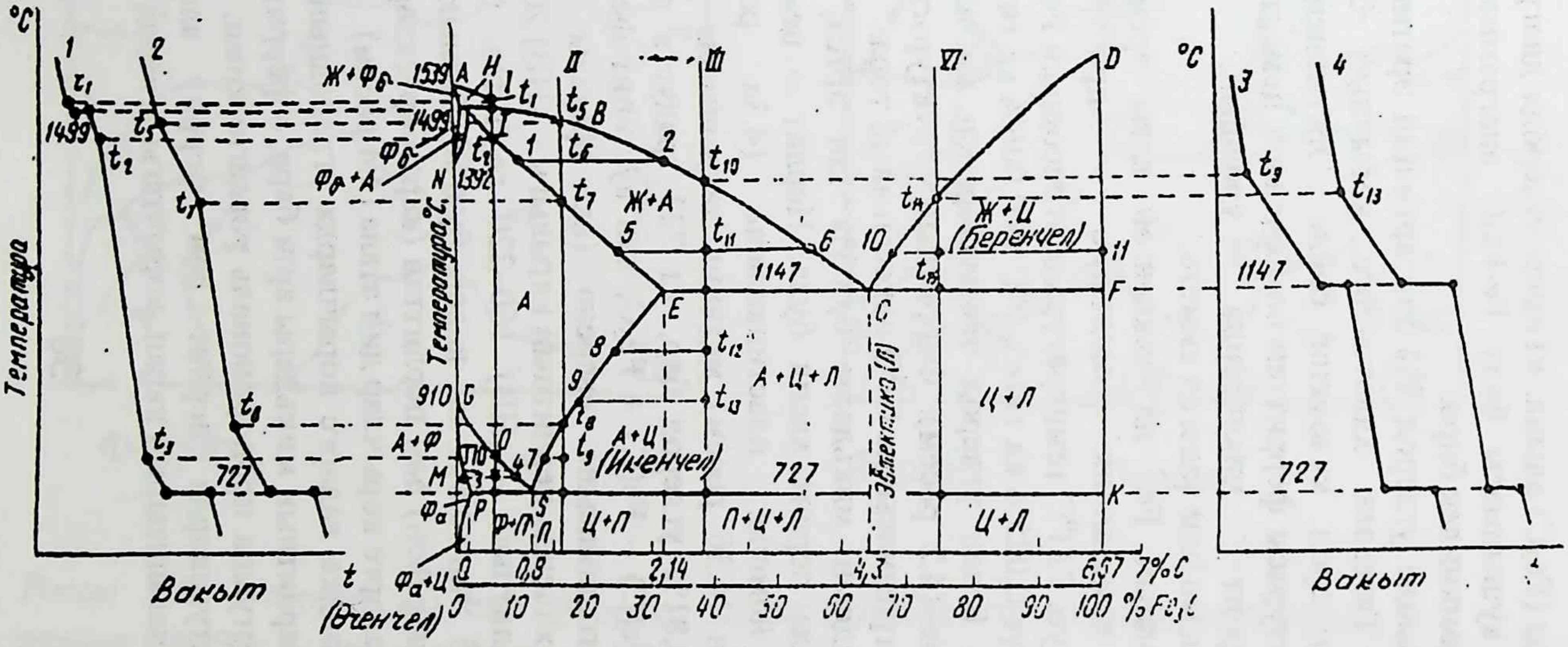
Эшнең максаты. Бу эштә студентлар тигезлек хәлендәге углеродлы корыч, чуен структуралары белән танышалар, структура һәм диаграмма арасындагы бәйләнешне билгелиләр. Углеродлы корыч һәм чуен структураларын коллекциясен карап өйрәнелә.

Эшнең тәртибе:

1. Өйрәнелә торган корычларның структура составын билгеләргә.
2. Шлифтагы углерод микъдарын, корыч һәм чуен төрләрен билгеләргә.
3. Корыч, чуен маркаларын һәм механик сыйфатларын билгеләргә.
4. $Fe\text{-}Fe_3C$ ның халәт диаграммасын сызарга һәм структура составын билгеләргә.
5. Корыч һәм чуен структураларының тасвирларга.
6. Эш турында отчет төзергә.

Тимер эретмәләре

Кереш. Халәт диаграммасына тиңдәшле рәвештә, эретмәдә барлык фаза үзгәрешләре тәмамланган, халәт–тигезлек халәте дип атала. Мондый халәт эретмәне бик акрын суытканда булуына мөмкин. Тимер һәм углеродлы эретмәләрнең тигезлеге структура өлешләрен ачыклау өчен (4.1 рәсем), Д.К.Чернов $Fe\text{-}Fe_3C$ диаграммасын нигез итеп ала. Ул бу диаграмманы корычның критик нокталарын билгеләү кулланган. Бу системаны төзүче компонентлар итеп чиста тимер өчен (Fe) һәм



Рәсем 4.1. Тимер–цементит эретмәсенең халәт диаграммасы; корыч һәм чуен суыту кәкреләре

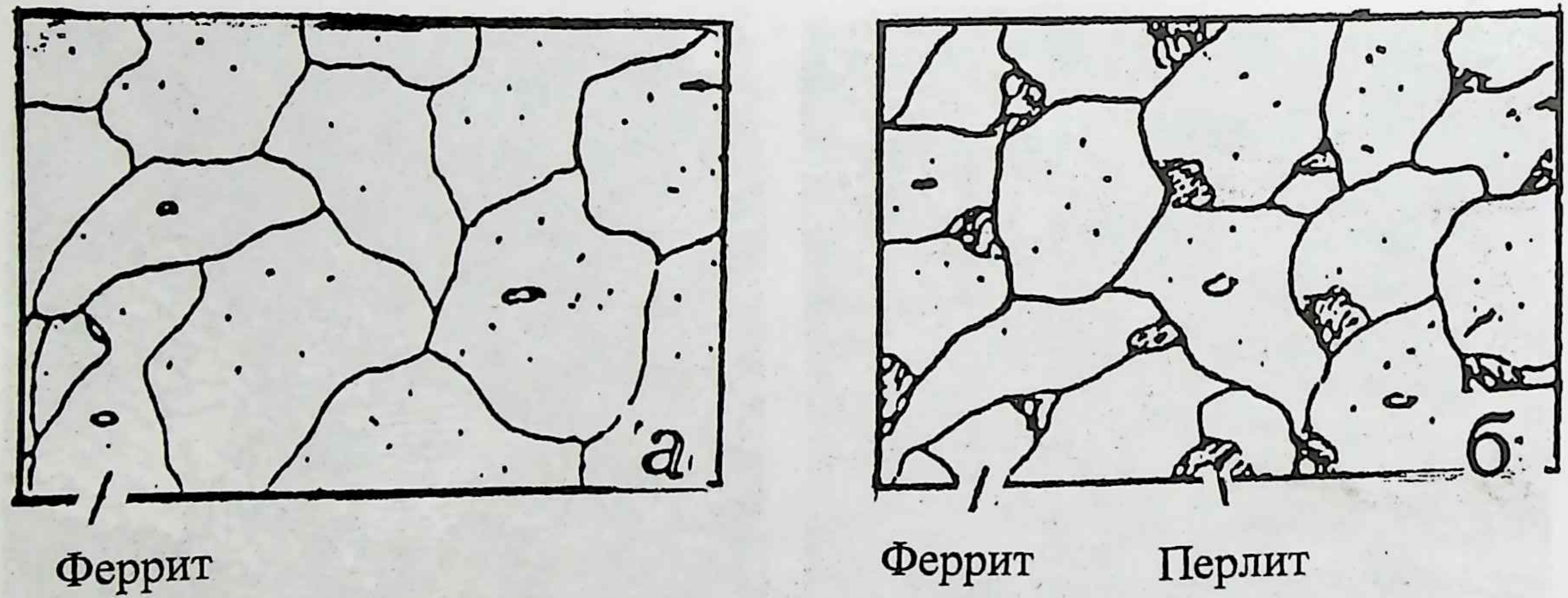
тимер карбиды (Fe_3C) алына. «Тимер–углерод» диаграммасында Fe_3C химик кушылмасы булу Fe-Fe_3C диаграммасын аерым тикшерергә мөмкинлек бирә.

Составында углерод 2% тан артмаган эретмәләр корыч дип атала. Тигезлек халәтендәге корычның структурасы эретмәдәге углерод күләменә бәйле. Эретмәнең 0,025%ка кадәрге структурасы ферриттан һәм өченчел цементиттан тора. Алар, феррит чикләрендә урнашып, корычның сыгылмалылыгын һәм үзлеген киметә.

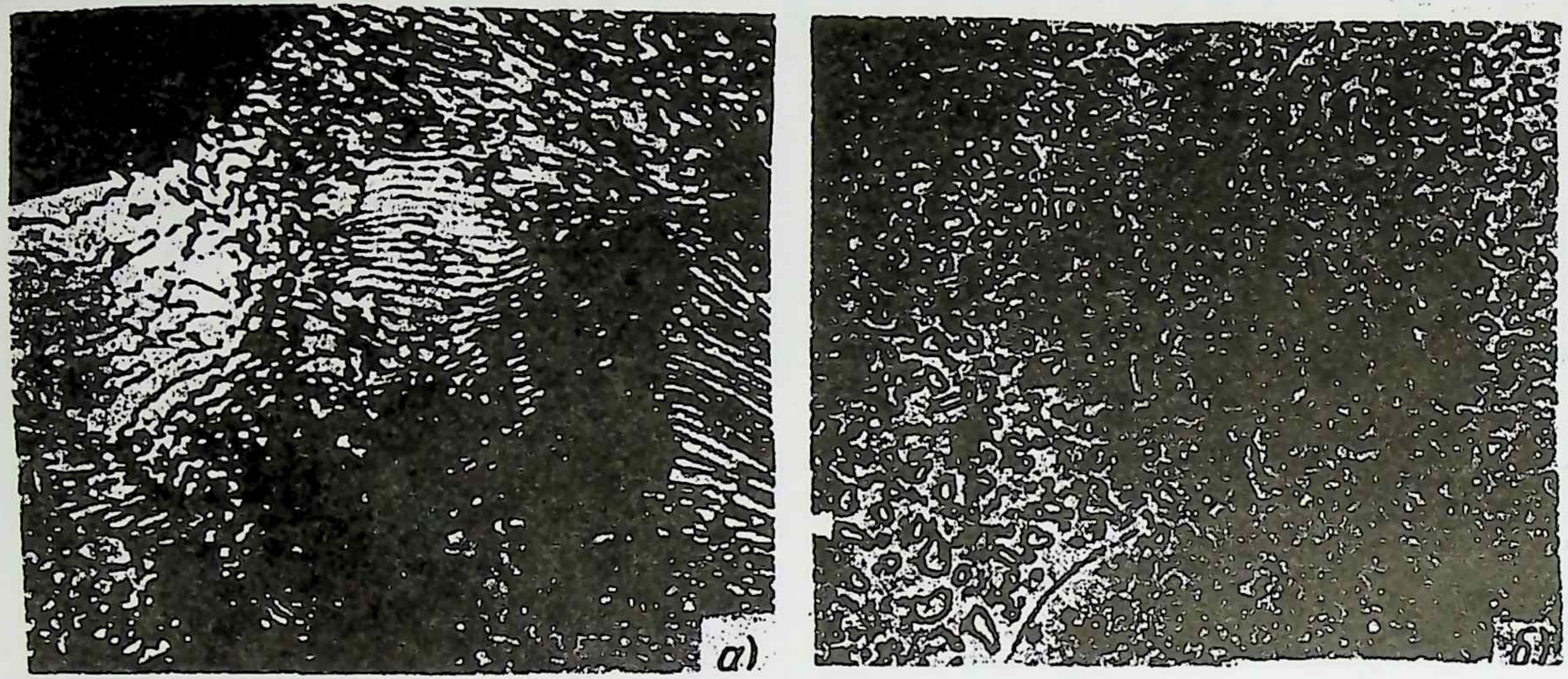
Углеродның Fe_α да чикләнгән каты эремәсе булса, ферритның кристаллик рәшәткәсе – пространстводагы үзәкләшкән куб. 723^{0}С температурада углеродның Fe_α да иң күп микъдарда эрүе 0,025% ка тигез, 0^{0}С та 0,006% ка тигез. Феррит – саф тимер белән углерод эретмәләренең иң пластик һәм йомшак өлеше (4.2 рәсем). Ферритның структурасы бөртекле һәм халәт диаграммасында GPQ өлкәсен алып тора.

Углеродның микъдары 0,005% тан артса, эретмәнең структурасында перлит хасил була. Перлит – цементит һәм ферритның йомшак пластинкалары (4.3а рәсем) яки бөртекләренең (4.3б рәсем) механик катнашмасы ул. Перлит составында 0,81% углерод бар, ул 723 градуста аустениттан хасил була. Fe(C) – Fe(C) + Fe_3C, яки аустенит феррит белән цементит катнашмасына әверелә (ике фазалы структура). Пластинкалы хәлендә перлитның катылыгы – (НВ) 200–220 га, ә бөртекле перлитның – (НВ) 160–220 гә тигез. Составында углерод 0,025 тән 0,8% ка кадәр булган барлык корычлар ферриттан (ачык фон) һәм перлиттан (кара бөртекләр) тора һәм эвтектоидка кадәрге корычлар дип атала (4.4 рәсем).

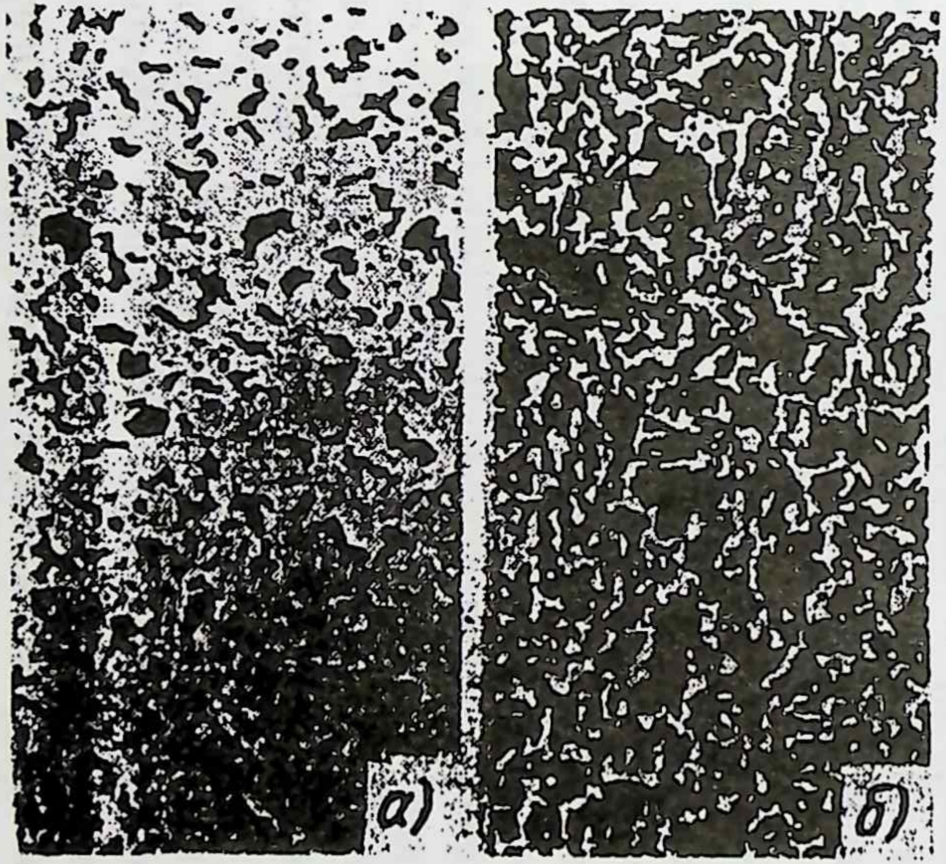
Эвтектоидка кадәрге корычларда углеродның микъдары арткан саен, перлитның микъдары арта бара, ә феррит микъдары углеродның артуына пропорциональ рәвештә кими. Тикшерелә торган структураларда перлит һәм феррит алып торган мәйданнарны чагыштырып карап, корычтагы углерод



Рәсем 4.2. Феррит (а) һәм феррит– перлит (б) микроструктурасы; а) углерод күләме 0,015%; б) углерод күләме 0,15%



Рәсем 4.3. Эвтектоидлы корычның микроструктурасы;
а) пластинкалы перлит, б) бөртекле перлит



Рәсем 4.4. Эвтектоидга кадәрге корычның структурасы: а) 0,2% б) 0,45%

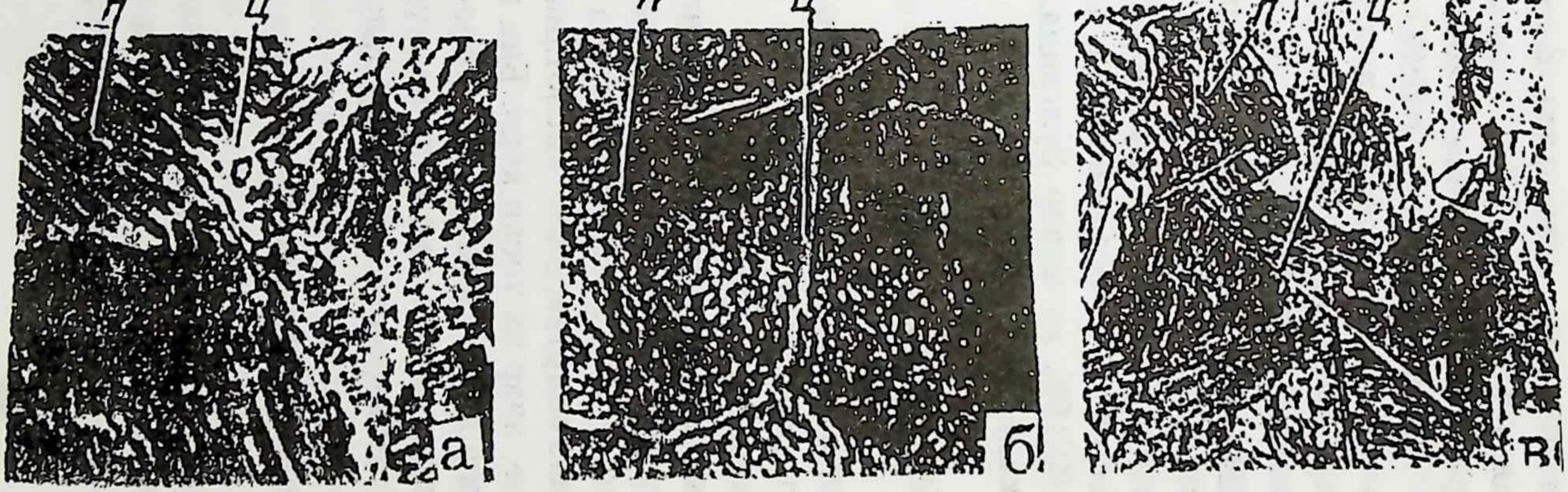
микъдарын билгеләргә мөмкин. Перлитта углеродның 0,81% тәшкил иткәнең белгәндә, эвтектоидка кадәрге корычта углеродның микъдарын билгеләргә мөмкин. Моның өчен, перлит мәйданның нинди өлешен тәшкил итүен билгеләргә һәм аны 0,81% гә тапкырларга кирәк. Мәсәлән, шлифның тикшерелә торган кырындагы перлит микроструктураның гомуми мәйданының 0,25 өлешен алып торса, бу корычта углеродның микъдары чама белән 0,8% x 0,25 = 0,2% ка тигез.

Составында углерод микъдары 0,8% дан 2,14% ка кадәр булган корыч эвтектоидтан соңгы корыч дип атала, һәм аларның структурасы перлиттан һәм икенчел цементиттан тора (4.5 рәсем).

Цементит – тимернең углерод белән химик кушылмасы (Fe_3C) – тимер карбиды (бер фазалы структура). Аның составында углерод 6,67%, ул «тимер–углерод» эретмәләренең иң уалучан һәм каты структуралысы. Эвтектоидтан соңгы корычта икенчел цементит, гадәттә ачык челтәр яки чылбыр рәвешендә, перлит бөртекләрнең чигендә урнаша 4.5б рәсем).

Составында углерод 0.8% тан ким булган корычларда феррит перлит бөртекләрнең чикләрендә челтәр рәвешендә аерылып чыгуы мөмкин. Азот кислотасының спирттагы 4% лы эремәсе белән эшкәрткәндә, бу челтәр шулай ук ачык төстә була. Бу челтәрнең ферритныкымы яки цементитныкымы икәнен белү өчен, микрошлифны натрийның нитраты белән эшкәртәләр. Әгәр, эшкәрткәннән соң, челтәр ачык калса, бу феррит була, димәк, бу эвтектоидка кадәрге корыч. Әгәр челтәр кара төскә керсә, бу цементит була, ягъни эвтектоидтан соңгы корыч.

Аустенит – кристалл рәшәткәсе кыры үзәкләшкән куб булган Fe_γ углеродның каты эремәсе. 1120^0C температурада углеродның гамма тимердәге максималь эрүчәнлеге 2% ка тигез. Углеродлы корычта аустенит Ac_3 ноктасының югары температурада гына тотрыклы була. Аустенит парамагнитлы,



Рәсем 4.5. Эвтектоидтан соңгы корычның структурасы. Бүленеп чыгучы цементит:
а) бөртекләр рәвешендә; б) челтәр рәвешендә; в) энә рәвешендә.

үзле, пластик; аның чагыштырма авырлыгы ферритныкына караганда түбәнрәк. Составында углерод 0,8 ка – тигез булганда, аустенитның катылыгы Бринель буенча якынча 200 берәмлеккә тигез. Диаграммада (4.1 рәсем) аустенит NJESG өлкәсендә урнашкан һәм бер фазалы структура. Составындагы углеродның күләменә карап, корычлар эвтектоидка кадәрге, эвтектоидлы һәм эвтектоидтан соңгы класска бүленә.

Углеродлы корычның микроструктурасы. Техник чиста тимердә углерод 0,02% дан 0,15% ка кадәр була (4.2 рәсем) һәм ул ике фазалы эретмә булып тора, чөнки углерод 0,02% ка кадәр булганда техник чиста тимер феррит белән өченчел цементиттан тора. Углерод 0,02% дан 0,15% ка кадәр булганда, структура ферриттан һәм аз гына микъдардагы перлиттан тора.

Эвтектоидлы корыч

Углероды 0,8% булган корыч – эвтектоидлы корыч дип атала һәм перлиттан гына тора.

Аралашылып урнашкан феррит белән цементит пластинкалардан торучы перлит – пластиналы перлит дип атала (4.3 рәсем). Бөртекле перлит 723^0С температурада барлыкка килә. Эвтектоидлы төзелеш – ике фазаның да тигез бүленеше. Феррит белән цементитны спиртта азот кислотаның 4% лы эремәсе белән эшкәрткәндә, алар ак төскә керә. Бик нык җисем булганлыктан, перлит, шлиф ясаган вакытта, начар шомара һәм, ферритка күләгә ясап, аның өстенә чыга, шуңа күрә, перлит аралашып урнашкан якты һәм карангы полосалар булып күренә.

Эвтектоидга кадәрге корычлар

Эвтектоидга кадәрге корычларда углеродның күләме 0,15% тан 0,8% ка кадәр була. Эвтектоидка кадәрге корычларның структурасы феррит белән перлиттан тора.

Углеродның күләме арткан саен, феррит күләме кими, ә перлитныкы арта бара.

Феррит белән перлитның күләмен, кисемтәләр кагыйдәсен кулланып, диаграмма буенча билгеләп була. Әгәр корычның составында углерод 0,8% булса, структурада бер перлит кына, чөнки мәйданның 100% ын перлит алып тора. Әгәр мәйданның бер өлешен феррит алып торса (мәсәлән 40%), углеродның күләмен процентларда билгеләргә була:

100% - 0,8%С

$$x = \frac{40 \cdot 0,8}{100} = 0,32\%C$$

40%-х%С

Корычның маркасы углеродның күләменә карап билгеләнә.

Эвтектоидка кадәрге корычның структурасы 4.4 рәсемдә күрсәтелгән: *а*) С–0,2%; *б*) С – 0,4%; *в*) С– 0,65%.

Эвтектоидтан соңгы корычлар

Составында углерод 0,8% тан 2% ка кадәр булган корычлар эвтектоидтан соңгы корычлар дип атала. Бүлмә температурасында эвтектоидтан соңгы корыч перлиттан һәм икенчел цементиттан тора. Цементит ачык бөртекләр яки ачык челтәр рәвешендә бөртекләрнең кырыенда яки инәләр рәвешендә урнаша (4.5 рәсем).

Эвтектоидтан соңгы корычның структурасында икенчел цементит күп түгел. Аның составында углерод арткан саен, икенчел цементит арта бара, һәм эретмәнең барлык составының

3,4% тан (С=1% булганда) 20,4% ка кадәр (С=2%) өлешен тәшкил итә. Эвтектоидтан соңгы корыч структурасында ул аз гына микъдарда булса да, корычның катылыгы шактый арта, эвтектоидлы корыч белән чагыштырганда, пластиклыгы кими. Эвтектоидтан соңгы корычта икенчел цементит аз гына мәйданны алып тора һәм аны карап кына билгеләп булмый. Шуңа күрә, эвтектоидка кадәрге корычта углеродны билгеләү алымын биредә кулланмыйбыз. Ләкин эвтектоидтан соңгы корычта углеродның күләмен якынча билгеләргә мөмкин. Мәсәлән, шлиф кырында 90% перлит һәм 10% цементит булсын, ди. Углеродның перлитта да, цементитта да булуын беләбез. Шуңа күрә, перлит өчен түбәндәге тигезләмәне язабыз:

100% п – 0,8%С

$$x_1 = \frac{90 \cdot 0,8}{100} = 0,72\%C$$

90% п – x_1

Цементит өчен:

100% ц – 6,67% С

$$x_2 = \frac{10 \cdot 6,67}{100} = 0,67\%C$$

10% ц – x_2

$$x_{гом} = x_1 + x_2 = 1,39\%C$$

Составындагы углерод 2% тан 6,67% кадәр булган углеродлы тимер эретмәләре чуен дип атала. Углеродның шушы концентрациясеннән башлап, эретмәләрдә эвтектика хасил була. Эвтектикага югары уалучанлык һәм чагыштырмача түбән кристаллашу температурасы хас. Шуңа күрә, корычтан аермалы буларак, чуеннан прокат, чүкелмә, штамповка ясап булмый, әмма сыек хәлдә алар формага яхшы тула.

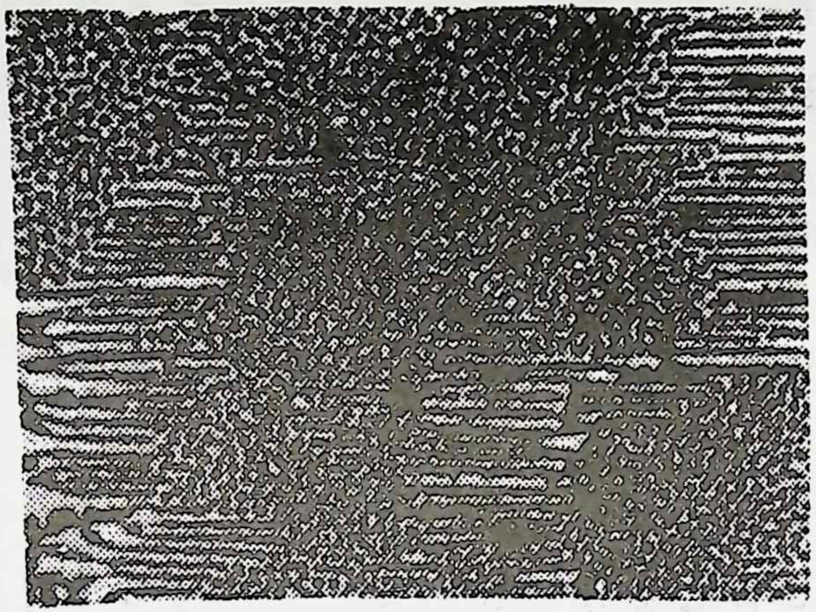
Суыту тизлегенә, кушылмаларның микъдарына һәм эшкәртелүенә карап, ак, соры һәм чүкелүчән чуеннар була.

Ак чуен

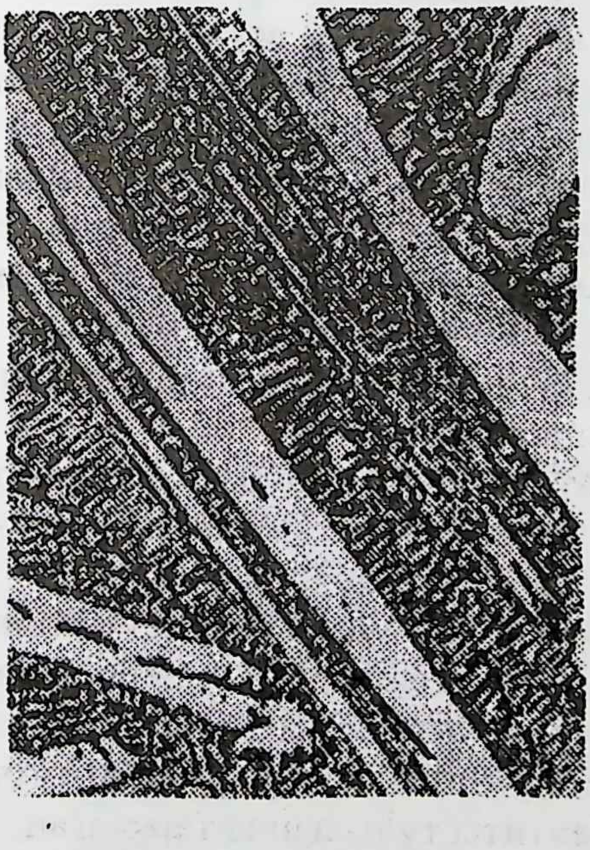
Ак чуендагы барлык углерод цементит рәвешендә була. Шуңа күрә, ул чуен каты һәм уалучан. «Тимер–углерод» халәт диаграммасыннан күренгәнчә, ак чуен эвтектикага кадәрге (С4,3%), эвтектик (С 4,3%) һәм эвтектикадан соңгы (С4,3%) чуенда булырга мөмкин. Бүлмә температурасында эвтектикага кадәрге чуен структурасы перлиттан, икенчел перлиттан һәм ледебуриттан тора. 4.6 рәсемдә эвтектикка кадәрге ак чуенның структурасы күрсәтелгән. Шлифның зур карангы участоклары – перлит. Ледебурит эвтектикасы – кара нокталар төшкән урыннар. Аустениттан аерылып чыккан икенчел цементит ачык бөртекләр һәм инәләр рәвешендә, ә урыны–урыны белән алар ледебурит цементиты белән кушылып киткән. 4.7 рәсемдә эвтектик ак чуенның структурасы күрсәтелгән. Анарда ледебурит 100%, ул – перлит белән цементит кушылмасы. Ледебуритта – перлит кара төстә, ә цементит ачык төстә.

Бүлмә температурасында эвтектикадан соңгы ак чуенның структурасы (4.8 рәсем) сыеклыктан аерылып чыккан беренчел цементиттан һәм ледебуриттан тора. Шлифтагы эре ачык инәләр – беренчел цементит, кара нокталар – ледебурит.

Рәсем 4.6. 3,2%С лы эвтектикага кадәрге чуен структурасы (450)



Рәсем 4.7. Эвтектиклы чуен структурасы (450)



Рәсем 4.8. Эвтектикадан соңгы чуен (300)

Соры чуеннар

Ак чуеннар кебек үк, соры чуеннарны да коеп табалар. Ләкин соры чуенны суыту акрынлап барыла. Сыек яки каты эретмәдән аерылып чыгучы цементит тотрыксыз химик кушылма булганга, бигрәк тә югары температурада $Fe_3C \rightarrow Fe_\gamma(C)$ + C (графит) хасил итеп таркала (723^0 градустан югары булганда), ә температурасы PSK сызыгыннан түбәнрәк булганда – $Fe_3C \rightarrow Fe_\alpha(C)$ + C (графит).

Графит пластинкалар рәвешендә аерылып чыга. Суыту тизлеге никадәр аз булса, графитлашу процессы шулкадәр тизрәк уза. Графитлашу дәрәҗәсенә карап, соры чуеның берничә перлит чуены, перлит–ферритлы һәм ферритлы төрен аерып йөртәләр. 4.9 рәсемдә перлит чуенның төзелеше күрсәтелгән. Кара төстәге зур пластиналар – графит, төп кыр – пластиналы перлит. Икенчел цементит һәм ледебурит цементиты таркала. Перлит чуенын, мәсәлән, җылылык двигательләренең пешкәк балдакларын ясау өчен кулланалар.

4.10 рәсемдә перлит–ферритлы соры чуенның төзелеше күрсәтелгән. Боргаланган кара төстәге зур пластиналар – графит. Соры фон – пластиналы перлит. Ачык фон – феррит. Цементитның таркалу продукты булган графит белән феррит бергә урнашкан. Перлит цементитының бер өлеше таркала.

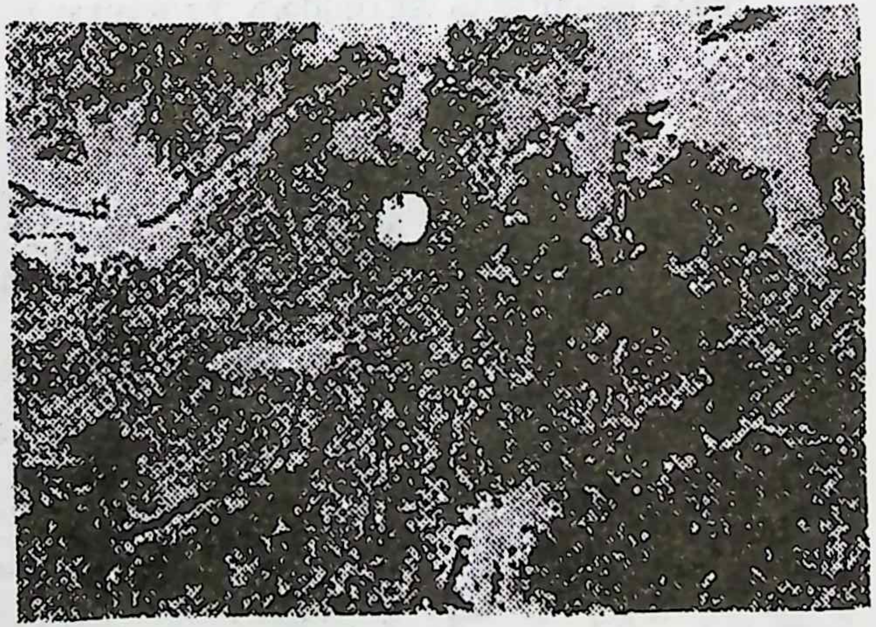
4.11 рәсемдә ферритлы соры чуенның төзелеше күрсәтелгән. Кара төстәге зур пластиналар – графит. Ачык урын – феррит. Перлитның цементиты тулысынча таркалган.

Чүкелүчән чуен

Чүкелүчән чуенны ак чуенны яндырып табалар.

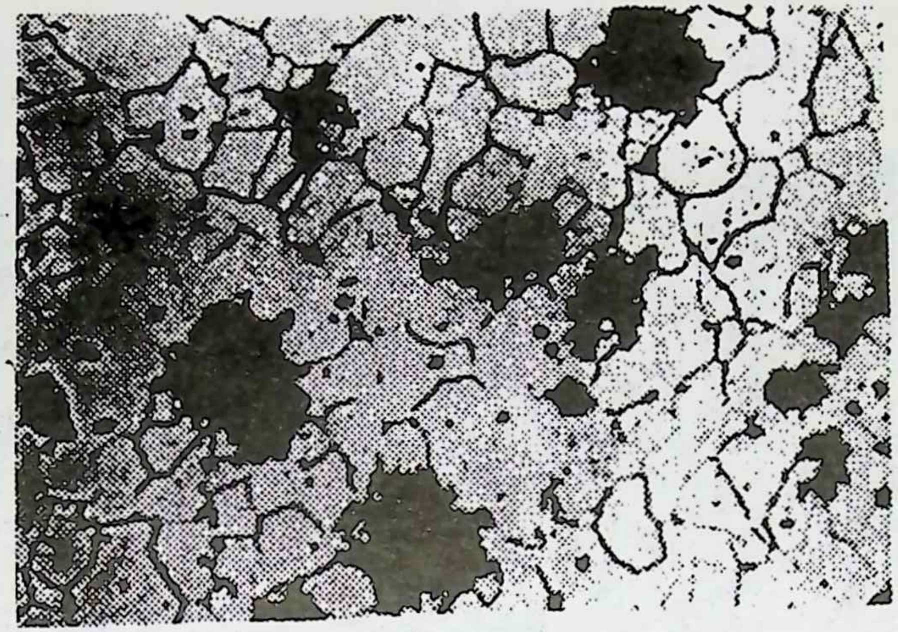
4.12 рәсемдә ферритлы чүкелүчән чуенның төзелеше күрсәтелгән. Төп ачык фон – феррит бөртекләре. Түгәрәк формадагы кара урыннар – яндырып табылган графит.

Рәсем 4.9. Перлитлы соры чуен (200)



Рәсем 4.10. Феррит–перлитлы чуен (250)

Рәсем 4.11. Ферритлы соры чуен (250)

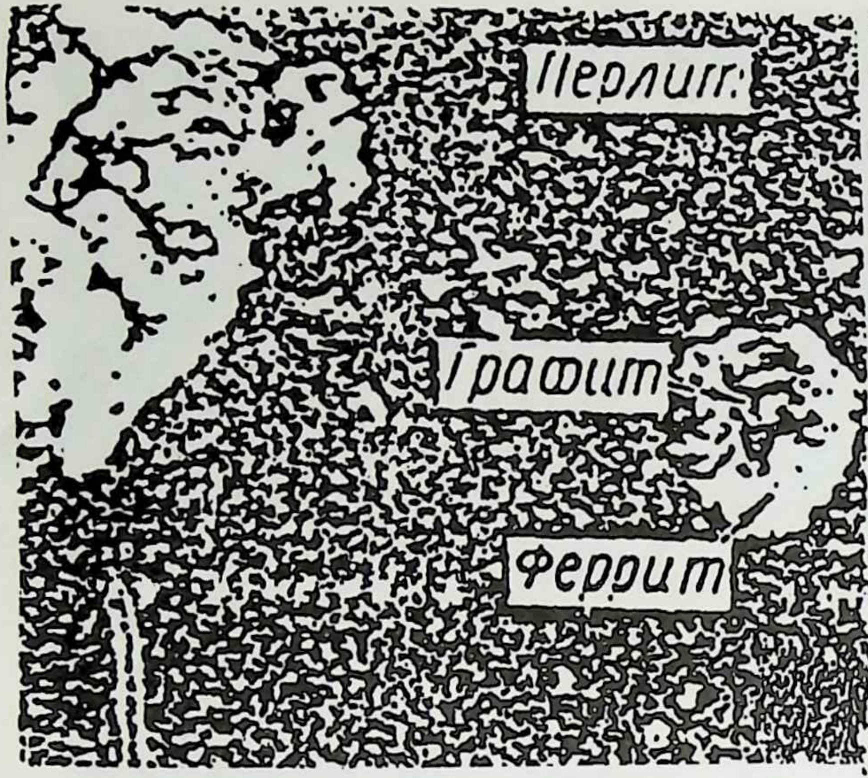


Рәсем 4.12. Ферритлы чүкелүчән чуен.

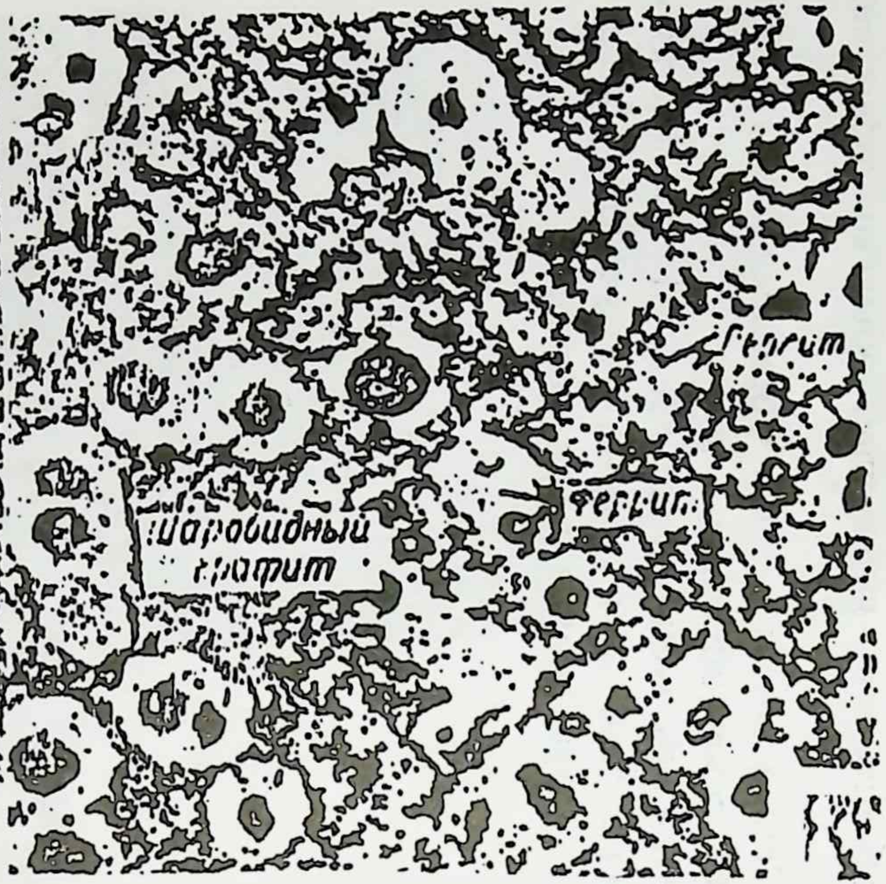
4.13 рәсемдә перлитлы чүкелүчән чуенның төзелеше күрсәтелгән. Чуенның төп төзелеше перлит. Кара төстәге түгәрәк бөртекләр – яндырудан табылган графит, аның янында – феррит.

Соңгы вакытта, шар формасындагы графитлы үтә нык чуен табу ысулы эшләнде.

Мондый чуенның төзелеше 4.14 рәсемдә күрсәтелгән. Бу чуен перлиттан һәм феррит утраучыклар белән әйләндереп алынган түгәрәкләнгән графиттан тора.



Рәсем 4.13. Перлитлы чүкелүчән чуен.



Рәсем 4.14. Перлитлы һәм ферритлы үтә нык чуен.

ТИМЕР–ЦЕМЕНТИТ ЭРЕТМӘСЕ СИСТЕМАСЫНЫҢ ХАЛӘТ ДИАГРАММАСЫН АНАЛИЗЛАУ

5 эш

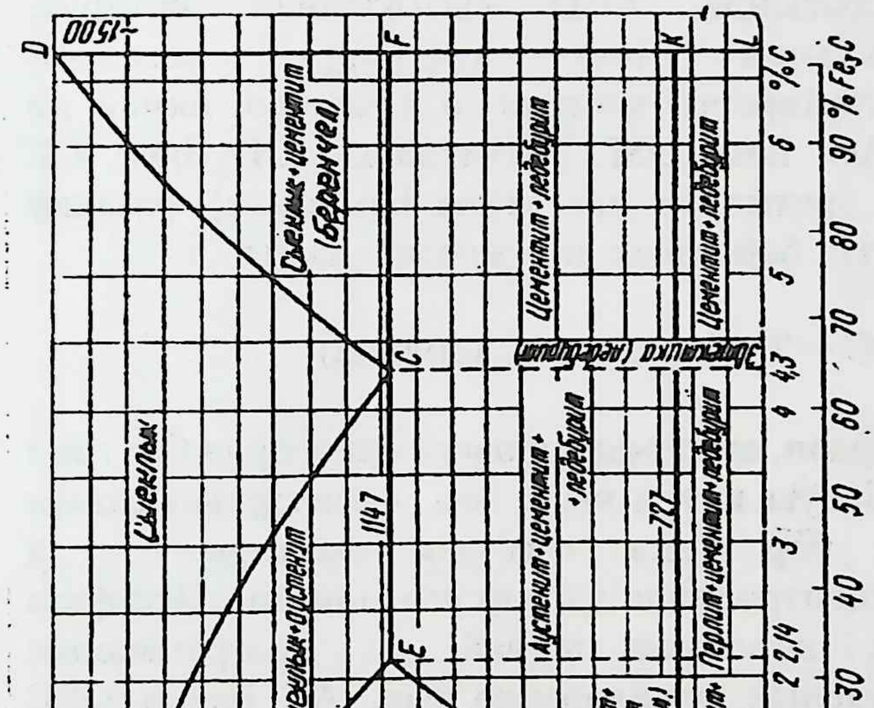
Теоретик мәгълүматлар

Эшнең максаты:

1. «Тимер–цементит» системасының диаграммасының сызыкларын, нокталарын һәм өлкәләрен өйрәнергә, аның фазаларын, төрле күләмдә углерод кушылган эретмәләренең җылыткандагы һәм суыткандагы структуралары әверелешләрен карарга.
2. Фазалар һәм кисемтәләр кагыйдәләрен куллануны үзләштерергә. «Тимер–цементит» эретмәләренең халәт диаграммасы (5.1 рәсем) «тимер–углерод» эретмәләрен (корычлар һәм чуеннарны) җылыту һәм суыту процессларын аңлату өчен нигез булып тора. «Тимер–цементит» диаграммасы буенча, «тимер–углерод» эретмәләрендә җылытканда һәм суытканда структура төзелешләре килеп чыгуы мөмкин: феррит, аустенит, цементит, перлит һәм ледебурит (1 таблица).

Әлеге эштә диаграмманы анализлау җиңеләйтелгән схема буенча үткәрелә. Анализлаганда, диаграмманың сызыклары һәм нокталары карала (2,3 таблицалар). Гиббс фазалары кагыйдәсе һәм кисемтәләр кагыйдәсе кулланыла.

ACD (5.1 рәсем) сызыгыннан өстәге эретмәләр сыек хәлдә була, шуңа күрә, бәйсезлек дәрәҗәсенең саны:



Рәсем 5.1. Тимер–цементит эретмәсенең халәт диаграммасы

$$С = К – Ф + 1 = 2 – 1 + 1 = 2 \text{ була.}$$

Бу системаның бәйсезлек дәрәҗәсе ике булуын аңлата, аларны система тигезлеген бозмыйча, фазалар санын һәм хәлен үзгәртмичә (5.1 рәсем) алаштырып була. Билгеле температуралар аралыгында ACD сызыгыннан өстәрәк, эретмәләрне җылытырга һәм суытырга, аларның концентьрцаиясен үзгәртерергә мөмкин, ә алар исә, һаман да сыек хәлдә кала. AC һәм GSE сызыклары, CD һәм CF сызыклары арасында эретмәләр ике (каты һәм сыек) фазадан торалар. Шул ук вакытта бәйсезлек дәрәҗәсенең саны:

$$С = 2 – 2 + 1 = 1 \text{ (2 таблица)}$$

Алда әйткәннәрдән, системаның әлеге өлкәләрдә бер генә бәйсезлек дәрәҗәсе булуы китеп чыга һәм, фазаларның санын саклап калу өчен, бер генә тигезлек факторын – я температураны, я концентрацияне үзгәртергә мөмкин. Ике фаза һәм бер бәйсезлек дәрәҗәсе шулай ук диаграмманың аустениттан башка барлык өлкәләрендә бар, AE белән GSE сызыклары арасында система бер фазалы һәм ике бәйсезлек дәрәҗәле:

$$С = 2 – 1 - + 1 = 2$$

ESP һәм PSK горизонталь сызыкларында система өч фазалы, ә бәйсезлек дәрәҗәсенең саны:

$$С = 2 – 3 + 1 = 0 \text{ (2 таблица)}$$

ECF сызыгында суытканда ледебурит, ә PSK сызыгында перлит барлыкка килә. Бу сызыклардагы ноль бәйсезлек дәрәҗәсе ледебурит (1147^0C) һәм перлит (727^0) барлыкка

Тимер–углеродлы эретмәләрдә (корычлар һәм чуеннар) структур өлешләренең характеристикалары

1 таблица

Структура–ның исеме	Структураның тибы	Углерод–ның күләме, %	Фаза–лар саны	Механик үзлекләре			Структураның характеристикасы
				$\sigma_{В}$, кг/мм^2	δ, %	HB	
Феррит	альфа–тимердә углеродның чикләнгән каты эремәсе	0,006 дан (0^{0}С) 0,025 кә (727^{0}С)	1	30	40	80–100	Сыгылмалы, әмма чыдам түгел
Аустенит	гамма–тимердә углеродның чикләнгән каты эремәсе	0,8 дән (727^{0}С) 2,14 кә (1147^{0}С)	1	60	60	180–200	Сыгылмалы
Цементит	Тимер белән ууглеродның химик катнашмасы	6,67	1	200	0	800	Каты һәм ватылучан
Перлит	Феррит белән цементитның механик катнашмасы	0,60	2	60	20	200	Уртача чыдамлы һәм сыгылмалы
Ледебурит	Аустенит белән цементитның механик катнашмасы	4,30	2	100	1–2	700	Каты һәм уалучан

Диаграмма буенча нокталардагы фаза әверешләре

2 таблица

Нокта–лар	Нокталарда фаза әверелешләре (җылытканда һәм суытканда)	Углеродның күләме, %	Тиешле нокталарга туры килгән температура, ^{0}C	Фаза составы	Фазалар саны	Бәйсезлек дәрәҗәсе саны
A	Чиста тимернең эрү һәм кату температурасы	0	1539	Сыеклык+тимер кристаллары	2	–
D	Цементитның эрү һәм кату температурасы	6,67	1250	Сыеклык+цементит (беренчел)	2	1
C	Ледебуритның эрүе һәм барлыкка килүе	4,30	1147	Сыеклык+аустенит +цементит	3	0
E	Углеродның аустенитта максималь эрүе	2,14	1147	Сыеклык+аустенит +цементит	3	0
S	Углеродның аустенитта минималь эрүе	0,80	727	Аустенит+ феррит +цементит	3	0
G	Альфа–тимернең гамма–тимергә яки гамма–тимернең альфа–тимергә әверелеше	0	911	Альфа-тимер+ гамма-тимер	2	-
P	Углеродның	0,025	727	Аустенит+	3	0

	альфа–тимердә максималь эрүе			феррит +цементит (икенчел)		
Q	Углеродның альфа–тимердә минималь эрүе	0,006	0	Феррит+ цементит (өченчел)	2	1
N	Фаза әверелешләре юк	6,67	727	Цементит (беренчел)	1	–
F	Фаза әверелешләре юк	6,67	1147	Цементит (беренчел)	1	–

Искәрмә. Бер компонентлы системалар өчен Гиббсның фазалар кагыйдәсе кулланылмый.

Диаграмма сызыкларында фаза әверелешләре үзгәрешләре

3 таблица

Сызыклар	Сызыкларда фаза әверелешләре (суытканда)	Фаза составы	Фазалар саны	Бәйсезлек дәрәҗәсе саны
BC	Аустенитның сыеклыктан аерылып чыга башлау вакыты	Аустенит+сыеклык	2	1
DEC	Аустенитның сыеклыктан	Аустенит+сыеклык	2	1

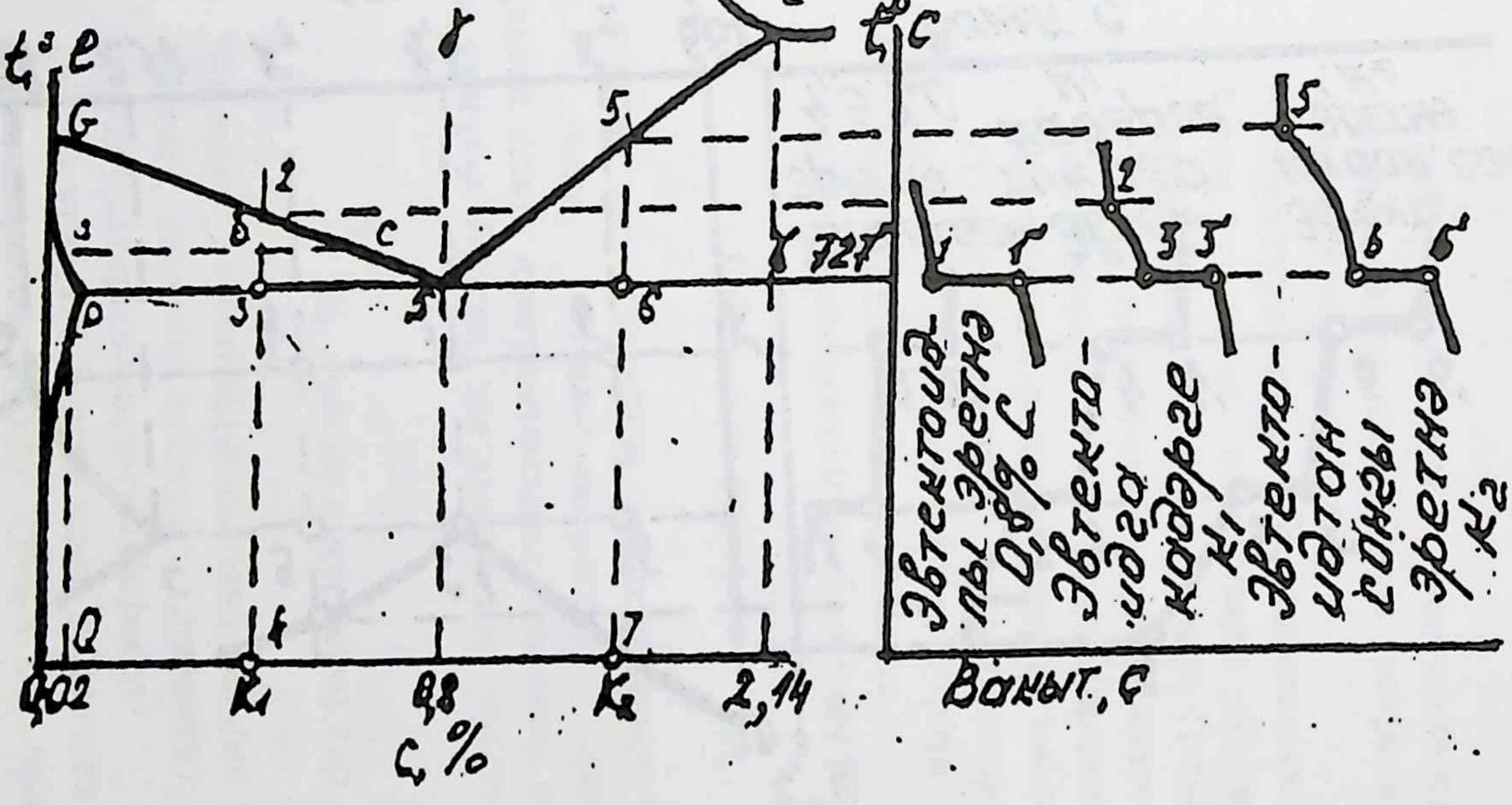
	аерылып чыгып бетү вакыты			
EC	Аустенитның сыеклыктан аерылып бетү вакыты һәм ледебуритның барлыкка килүе	Аустенит+цементит	3	0
CD	Цементитның (беренчел) сыеклыктан аерыла башлаган вакыты	-	2	1
CF	цементитның (беренчел) сыеклыктан аерылып бетү вакыты һәм ледебуритның барлыкка килүе	Сыеклык+цементит +аустенит	3	0
GS	Ферритның аустениттан аерыла башлау .вакыты	Аустенит+феррит	2	1
PG	Ферритның аустениттан аерылып бетү вакыты	Аустенит+феррит	2	1

PS	Ферритның аустениттан аерылып бетү вакыты һәм аустениттан перлит барлыкка килү	Аустенит+феррит +цементит	3	0
PSK	Аустениттан перлит барлыкка килү	Аустенит+феррит +цементит	3	0
SEK	Цементитның аерыла башлау вакыты (икенчел)	Аустенит+цементит	2	1
SK	Цементитның аустениттан аерылып бетү вакыты (икенчел) һәм аустениттан перлит барлыкка килү	Аустенит+цементит +феррит	3	0
SPQ	Цементитның ферриттан аерыла башлау вакыты (өченчел)	Феррит+цементит	2	1

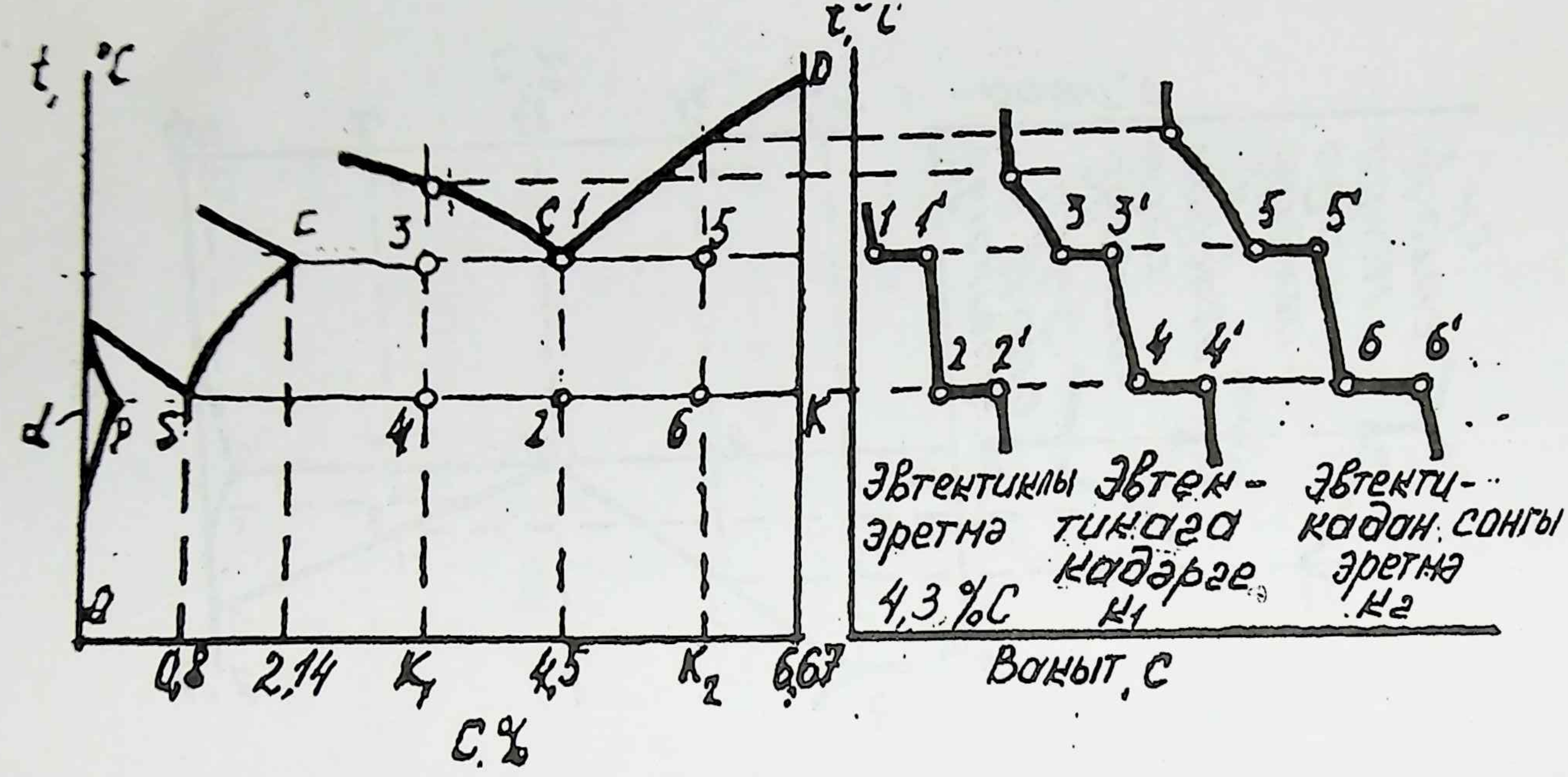
килгәндә, даими температура урнашуга сәбәп була. 3 таблицадан күренгәнчә, барлык сызыкларда һәм A, D, G, Q нокталарда ике фаза һәм бер бәйсезлек дәрәҗәсе; P, S, E, C нокталарында өч фаза һәм ноль бәйсезлек дәрәҗәсе була, ә K һәм F нокталарында фаза әверелешләре булмый.

Кисемтәләр кагыйдәсен яки рычаг кагыйдәсен сыек һәм каты фазаларның яки ике төрле каты фазаның составын билгеләү өчен кулланалар (структура катнашмалары санын һәм аларның концентрациясен). Моның өчен, мәсәлән, B ноктасыннан (5.2 рәсем) PG һәм GS горизонталь сызыкларын үткәрәләр, A ноктасының концентрацияләр күчерүенә проекциясе ферриттагы углеродның микъдарын, ә C ноктасының проекциясе – билгеле температурада аустениттагы углеродның микъдарын күрсәтә. Аустенит һәм ферритның микъдари чагыштырмасын табу өчен, кисемтәләрнең кире пропорциональ чагыштырмасын төзергә кирәк: $Q_ф/Q_а = BC/AB$, биредә $Q_ф$ – феррит микъдары, $Q_а$ – аустенит микъдары, температура B ноктасына тиңдәш була, B ноктасында барлык эретмәнең массасы 100 г булсын, ул чагында $Q_ф/(100 - Q_а) = BC/AB$. Халәт диаграммасыннан BC һәм AB кисемтәләренең кыйммәтләрен алып куйсак, башта феррит массасын, ә аннары, аустенит массасын табарга була.

«Тимер–цементит» диаграммасы буенча суыту кәкреләрен төзергә мөмкин. Моның өчен вертикальләрнең билгеле концентрациядәге эретмә диаграммасы сызыклары белән кисешү нокталарын (5.2 һәм 5.3 рәсемнәр) «температура–вакыт» координаталар системасына күчерәләр һәм бу эретмәнең җылыну яки суыну кәкресен төзиләр. Диаграмма кәкреләре белән кисешү нокталары җылыну һәм суыну кәкреләрендәге бөгелешләргә, ә горизонталь сызыклар белән кисешү нокталары шул ук кәкреләрдәге мәйданчыкларга туры килә.



Рәсем 5.2. Fe-Fe_3C диаграммасының өлеше (корычның икенчел кристаллашуы)



Рәсем 5.3. «Тимер–углерод» эретмәсенең (чуенның) икенчел әверелеше

Эшне башкару тәртибе

1. «Тимер–цементит» эретмәләренең халәт диаграммасы турындагы теоретик мәгълүмат белән танышу.
2. Структураларның билгеләмәләрен, катылыгы һәм углерод составлары буенча аларның характеристикаларын өйрәнү (1 таблица).
3. «Тимер–цементит» эретмәләренең халәт диаграммасы сызыкларында фаза әверелешләрен карап чыгу (2 таблица).
4. «Тимер–цементит» эретмәләренең халәт диаграммасында температурага һәм углерод составына кагылышлы нокталарның характеристикаларын билгеләү (3 таблица).

Отчетның эчтәлеге

Эшләнгән эш отчетында структураның билгеләмәләре бирелергә тиеш, тимер–цементит системаларының, эретмәләренең халәт диаграммасының рәсемен ясарга; 0,2; 1,5; 3,0; 5,5% углерод булган эретмәләренең суыту графикларын төзергә.

Үз–үзеңне өчен сораулар

1. Ликвидус һәм солидус сызыклары дип нәрсә атала?
2. Феррит, перлит, аустенит, цементит, ледебуритның структураларына аңлатма бирегез.
3. 2% лы углерод булган ноль бәйсезлек дәрәҗәсендәге эретмәләренең суыту графигын кулланып, үзгәрү процессларын аңлатыгыз.
4. Кисемтәләр кагыйдәсе нинди очракларда кулланыла?

УГЛЕРОДЛЫ КОРЫЧНЫ ТЕРМИК ЭШКӘРТҮ ҺӘМ МИКРОАНАЛИЗЛАУ

6 Эш

<u>Эшнең максаты:</u> углеродлы корычны термик юл белән эшкәртү һәм аннан соңгы тикшерүләр үткәрү буенча практик күнегүләр үткәрү; корычның структурасына һәм ныклыгына төрле эшкәртү режимнарының йогынтысын өйрәнү.

Биремнәр

1. Углеродлы корыч үрнәгенең беренчел халәтендә катылыгын билгеләргә.
2. Эшнең ахырында, бирелгән таблица биремнәренә яраклаштырып, үрнәкләрне термик эшкәртергә.
3. Чыныктырганнан соңгы катылыкны тикшерергә.
4. Чыныктырылган үрнәкләрне 200–400–600 температурада кайтарырга.
5. Һәр кайтарудан соң, үрнәкнең катылыгын тикшерергә.
6. Үлчәү нәтиҗәләрен таблицаның 5–6 нчы графаларына язып куярга.
7. Алынган нәтиҗәләр буенча, бәйлелек графикларын төзергә:
   а) катылыкның җылыту температурасына бәйлелеге;
   б) катылыкның суыту тизлегенә бәйлелеге;
   в) катылыкның кайтару температурасына бәйлелеге;
8. Термик юл белән эшкәрткәннән соң, үрнәкләрнең микроструктурасын тикшерү һәм рәсемен ясау;
9. Корычның микроструктур схемасында табылган катылыгы буенча термик эшкәртү режимнарын күрсәтү;

10. Биремнең һәр пункты буенча эшләгән эшкә отчет язу һәм алынган результат буенча нәтиҗәләр ясау.

Термик эшкәртү – детальне билгеле бер температурага кадәр җылыту, шул температурада тиешенчә тоту һәм теге я бу тизлек белән суыту ул. Бу вакытта, эшкәртелгән детальнең структурасында һәм, димәк, технологик үзлекләрендә дә үзгәрешләр барлыкка килә.

Җылыткан яки суыткан вакытта, углеродлы тимер эретмәләрендә критик температура дип аталган аерым температурада әверелешләр килеп чыга. Җылытканда, критик температураларны, шартлы рәвештә, A_{C1}, A_{C3}, A_{CM} дип билгеләү кабул ителгән. Җылыткан вакытта, корычтагы әверелешләр кристаллашу характерында була, ягъни яралгыларның үзәкләре оешу һәм аларның акрынлап үсүе күзәтелә. Барлык корычларның башлангыч (беренчел) структурасын ике фаза – феррит һәм цементит катнашмасы хасил итә.

PSK температураларына кадәр акрынлап җылытканда, корычта бернинди дә әверелешләр булмый. Аннан соңгы җылытулар вакытында, эвтектоидка кадәрге корычларда феррит, акрынлап, аустенитта эри бара. GSE сызыгыннан югарырак температурада корычлар бериш аустенит структурасына ия.

Эвтектоидлы корычны, акрынлап суытканда аустенит перлитка әверелә (феррит һәм цементит катнашмасы). Бу әверелеш диффузия характерында бара, ягъни углерод, аустениттан бүленеп чыгып, цементит кертелмә яралгыларын хасил итә, яралгыларның саны һәм эзлекле үсеше артык суыту дәрәҗәсенә бәйле.

Аустенитны суыту дәрәҗәсенә бәйле рәвештә, түбәндәге таркалу продуктларын алырга мөмкин: перлит – феррит белән цементитның эре бөртекле катнашмасы; троостит – феррит белән цементитның вак бөртекле (югары дисперсияле) катнашмасы. Аустенитны зуррак дәрәҗәдә артык суытканда,

диффузияле әверелеш бетә, цементит барлыкка килә алмый һәм, шуңа күрә, мартенсит структурасы (туендырылган каты эремә – Fe_α га углеродның керүе) барлыкка килә.

Аустенитның мартенситка әверелә торган иң кечкенә суыту тизлеге чыныктыруның критик тизлеге дип атала. Мартенсит энәсыман төзелешле һәм югары катылыкка (НВ 650) ия. Мартенситлы әверелеше $M_б$–$M_а$ ($M_б$ – мартенсит әверелешләрнең башы, $M_а$ – ахыры) температуралары интервалында була, бу температуралар корычтагы углерод микъдары белән билгеләнә.

Термик эшкәртүнең төп төрләре – яндыру, нормальләштерү, чыныктыру һәм кайтару (6.1 рәсем).

Беренче төр яндыру – термик эшкәртүгә әзерлек операциясе. Яндыруның максаты – эретмәдә моннан алдагы эшкәртүләр нәтиҗәсендә барлыкка килгән химик һәм физик кушылмаларны бетерү. Детальне фаза әверелешләреннән түбәнрәк температурага кадәр җылыту, бу температурада тиешенчә тоту һәм салмак суыту нәтиҗәсендә корычның ныклыгы һәм катылыгы кими, пластиклыгы һәм үзлелеге арта, кисеп эшкәртелүчәнлеге яхшыра.

Беренче төр яндыруга түбәндәгеләр керә:

1) диффузияле яндыру – легирланган корыч коелмалар өчен дендритлы ликвацияне киметү (д.л. – корычның пластиклыгын һәм үзлеген арттыра); җылыту температурасы 1100^0–1200^0C;
2) рекристаллашу яндыруы – корычны басым ысулы белән эшкәртү алдыннан яки аннан соң, металл нагартовкасын бетерү өчен кулланыла; теләсә кайсы металлны рекристаллашу яндыруы температурасы бу металлның рекристаллашу температурасыннан югарырак булырга тиеш; мәсәлән, корыч өчен рекристаллашу яндыруы температурасы

рекристаллашу температурасыннан 150–250^{0}С ка югарырак һәм, гадәттә, 680^0–700^{0}С тәшкил итә;

3) калдык көчәнешне юкка чыгару өчен яндыру – коелмалар һәм ябыштырылма детальләрне кисеп яки басым белән эшкәрткәннән соң кулланыла. Детальләрдә тигезсез суыту яки бериш булмаган пластик деформация аркасында калдык көчәнеш барлыкка килә, бу исә, үлчәмнәрнең үзгәрешен, эшләнмәнең кәкрәсен яки кыегаюын китереп чыгара, әлеге яндыруның температурасы 600–700^{0}С.

Икенче төр яндыруның максаты – детальнең химик составын тигезләү, вак бөртекле тигез структура алу, эчке көчәнешне юкка чыгару, пластиклыкны арттыру һәм катылыкны киметү, кисеп эшкәртелә алу сәләтен яхшырту.

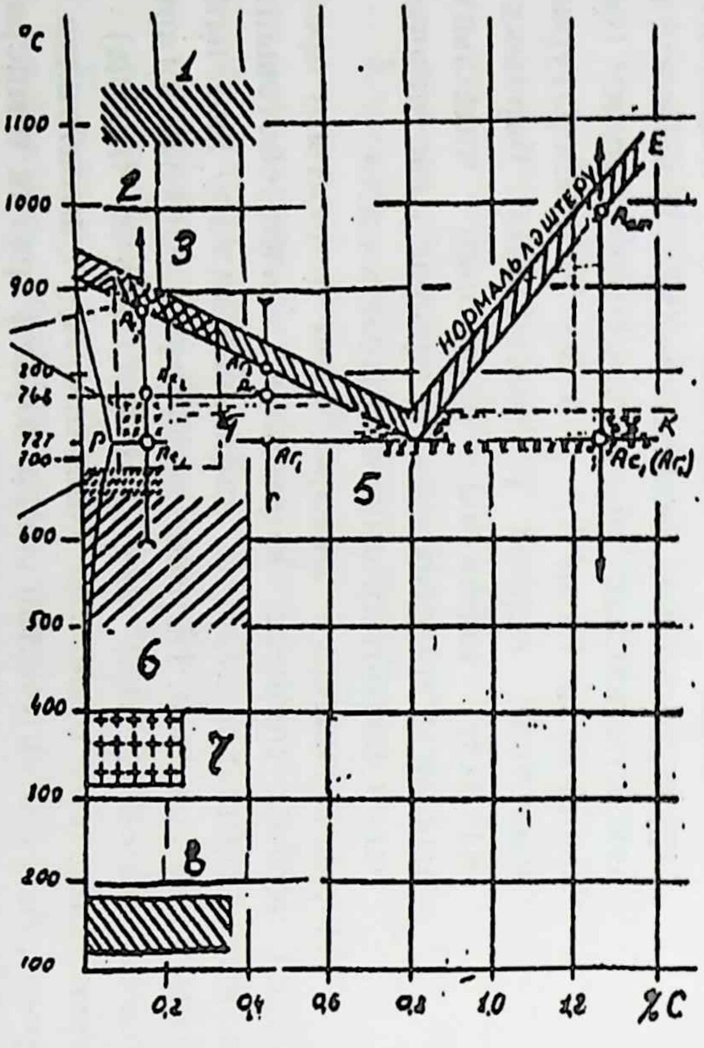
II төр яндыруга түбәндәгеләр керә:

1) Тулы яндыру (фазалы кабат тулы кристаллаштыру) – бөртекләрне ваклау һәм югары пластиклык һәм үзлелек булдыру максатында, эвтектоидка кадәрге корыч өчен (углеродлы һәм легирланган корычтан коелма, штамповка, фасонлы коелмалар) кулланыла. Корычны A_{C3} критик ноктасыннан 30–50^{0}С ка югарырак җылыталар, шушы температурада тоталар һәм акрынлап суыталар. Җылыткан вакытта, баштагы ферритлы–перлитлы структурадан вак бөртекле аустенит хасил була һәм ул, акрынлап суытканда, вак бөртекле ферритлы–перлитлы структурага әверелә. Корычны A_{C3} ноктасына караганда 100–150^{0}С артыграк температурага кадәр җылыту аустенит бөртегенең үсүенә китерә. Мондый корычны суыткан вакытта, эре кристаллы феррит–перлитлы структура – пластиклыгы һәм үзлелеге түбән булган «видманштет» барлыкка килә (бу инде яндыруның бозыклыгы дигән сүз). «Видманштет» структуралы

корыч артык җылытылган корыч атала. Артык җылытылган корыч структурасын оптималь режим буенча тулы яндыру юлы белән бетерергә мөмкин. Корычны солидус сызыгыннан берникадәр түбәнрәк температурага кадәр җылыту корычны «артык яндыру» га китерә, ягъни төзәлмәслек брак ясала: корычтан углерод янып чыга, бөртекләр эри һәм оксидлаша, алар арасындагы бәйлелек бозыла;

2) Тулы булмаган яндыру (фаза буенча кабат тулы булмаган кристаллашу) эвтектоидтан соңгы корыч өчен, детальне A_{C1} критик температурасыннан 10–30^{0}С ка югарыракка җылыту, шушы температурада тоту һәм акрынлап суыту юлы белән эшләнә. Нәтиҗәдә, баштагы цементит+перлит структурасыннан, җылытканда – цементит+аустенит һәм суытканнан соң – цементит+перлит (бөртекле) хасил була. Әгәр A_{C1}…..+ 30–50^{0}температурага кадәр җылытсак, перлит (пластиналы) барлыкка килә. Бөртекле перлитлы корычның катылыгы һәм ныклыгы, пластиклыгы югарырак пластиналы перлит белән чагыштырганда яхшырак киселә.

Нормальләштерү – яндыру белән чыныктыру арасындагы арадаш термик процесс. Корычның химик составына бәйле рәвештә, нормальләштерүне, кайвакыт, яндыру яки чыныктыру урынына кулланалар. Нормальләштерү яндырудан югары суыту тизлеге белән (тын яки хәрәкәт итүче һавада) аерыла. Нормальләштерү процессы корычны A_{C3} (эвтектоидка кадәрге корыч), A_{Cm} (эвтектоидтан соңгы корыч) критик температурадан 30–50^{0}С ка артыграк җылытудан, шушы температурада тотып, һавада суытудан гыйбарәт. Нормальләштерүдән соң, корычның структурасы: перлит+феррит (эвтектоидка кадәрге корыч) яки перлит+цементит (эвтектоидтан соңгы корыч) һәм берникадәр микъдарда сорбит яки троостит. Уртача яки югары углеродлы



Рәсем 6.1. Термик эшкәртү:

1 – диффузияле яндыру; 2 – нормальләштерү; 3 – тулы яндыру һәм чыныктыру;

4 – тулы булмаган яндыру;

5 – бөртекле перлит алу өчен яндыру; 6 – югары кайтару;

7 – түбән температуралы яндыру; 8 – түбән кайтару.

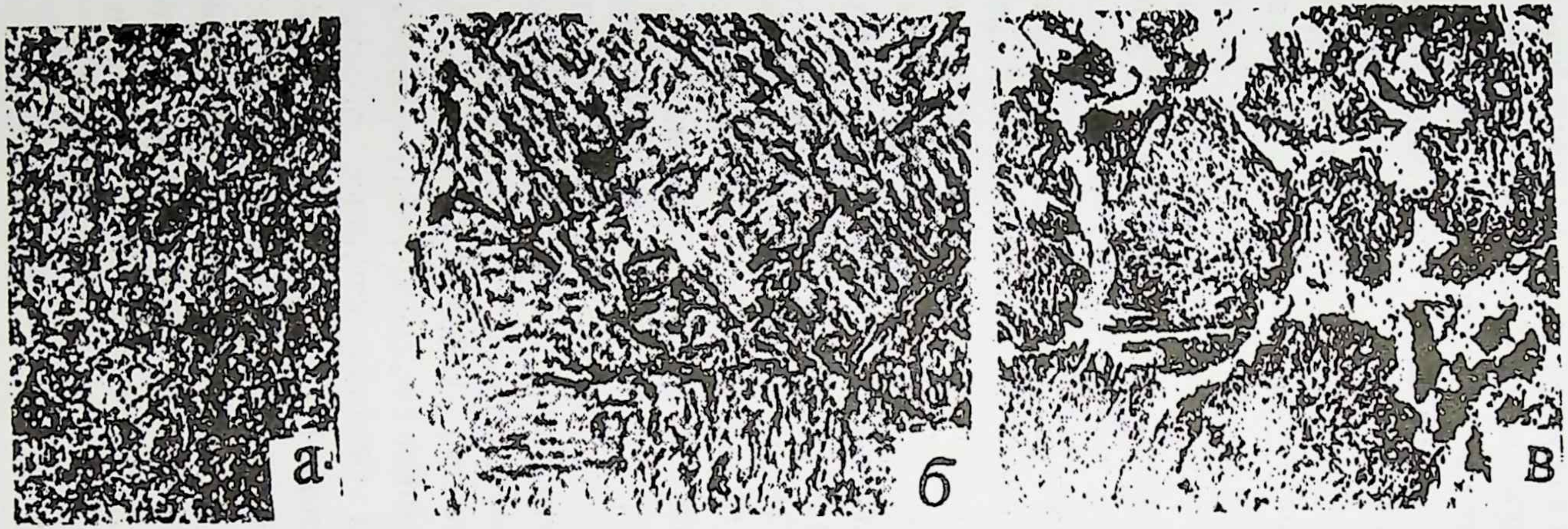
корыч структурасында сорбит һәм трооститның булуы катылык һәм ныклыкны 10–15% ка арттыра, түбән углеродлы корыч өчен яндыру урынына нормальләштерүне кулланалар.

Чыныктыру корычның ныклыгын, катылыгын һәм чыдамлылыгын күтәрү максаты белән эшләнә. Термик эшкәртүнең бу төре корычны критик ноктасыннан югарырак температурага җылытудан, шушы температурада тотканнан соң тиз генә суытудан гыйбарәт. Эвтектоидка кадәрге корыч өчен тулы чыныктыру үткәрелә, бу очракта, фаза буенча кабат тулысынча кристаллашу бара. Җылыту температурасы A_{C3}+(30–50^{0}C): феррит + перлит → җылыту → аустенит → суда суытыла → чыныктыру мартенситы барлыкка килә. Эвтектоидтан соңгы корыч өчен тулы булмаган чыныктыру үткәрелә – фаза буенча тулы булмаган кабат кристаллашу, җылыту температурасы A_{C1}+(30–50^{0}C): перлит + цементит → җылыту → аустенит +цементит → суда суыту→ чыныктыру мартенситы + цементит II табыла.

Цементит II корычның чыдамлылыгын арттыра.

Суыту төрле чыныктыру сыекчаларын кулланып үткәрелергә мөмкин: су, май, эретелгән тозлар, кислоталар, селтеләрнең эремәләре, суда эрүчән полимерларның эремәләре, һава. Суыту тизлегенә бәйле рәвештә, чыныктыру барышында, өч структура барлыкка килә: мартенсит, троостит һәм сорбит.

Мартенсит – (металлар өйрәнүче немец Мартенс хөрмәтендә) 180–200^{0}C тизлеге белән суытканда табыла – углеродның Fe_α дагы туендырылган эремәсе. Ул – аустенитның таркала башлау стадиясе продукты; югары суыту тизлеге аркасында, Fe_γ ның Fe_α га туенган эремә рәвешендә әверелгән вакытында, углерод цементит булып аерылып чыгарга өлгерми. Чыныктыру мартенситы: (6.2 рәсем) тигезсез структуралы, тетрагональ рәшәткәле, энә сыман төзелешле, югары катылыкка ия һәм эчке көчәнешләре булу белән (HB 500–600)



Рәсем 6.2. Мартенсит структурасы: *а)* кайтару мартенситы; *б)* тулы чыныктыру мартенситы; *в)* тулы булмаган чыныктыру мартенситы.

характерлана. Мартенсит иң түбән тыгызлыкка ия, җылытканда – тотрыксыз, башка структураларга күчә.

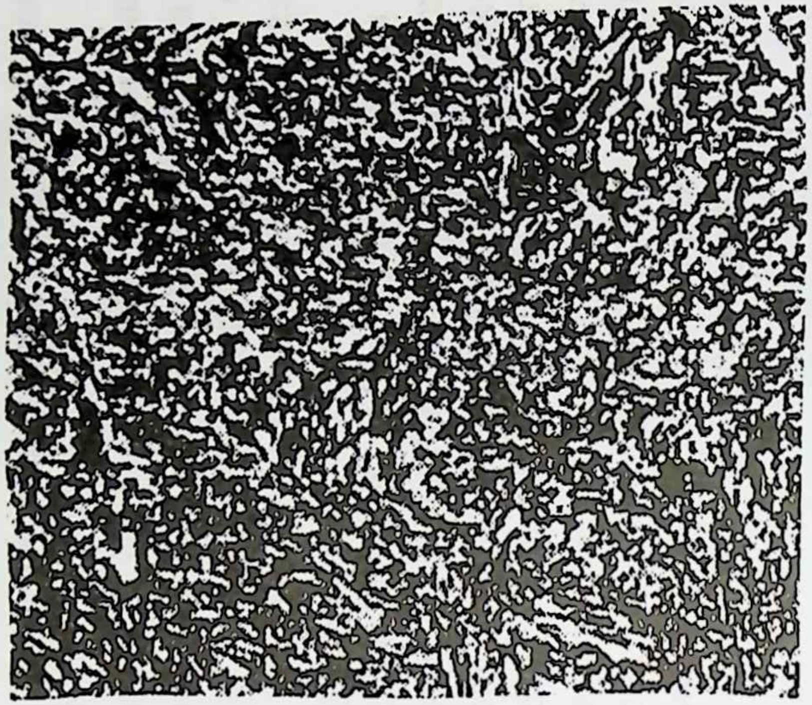
Троостит (француз химигы Трост хөрмәтенә) – 80–100 град/с тизлек белән суытканда, аустенитның таркалу продукты. Троостит (6.3 рәсем) – феррит+цементитның югары дисперсияле механик катнашмасы, чөнки мондый тизлек белән суытканда, Fe_{γ} – Fe_{α} га күчкәндә, аустенит феррит һәм цементитка таркалып, бу структураларның бөртекләре үсү кыенлаша (НВ 400). Төзелеше – пластиналар формасында.

Сорбит (инглиз галиме Сорби хөрмәтенә) – аустенитның 50 град/с тизлек белән суыткандагы таркалу продукты. Трооостит кебек үк, феррит белән цементит катнашмасы, ләкин сорбитта феррит һәм цементит бөртекләре трооститтагыга караганда 10 тапкыр эрерәк (6.4 рәсем), чөнки, суыту тизлеге кечерәк булганда, бөртек зураерга өлгерә. Сорбитның структурасы үзлелемрәк, пластиклымрак, ләкин катылыгы кимрәк (НВ 300).

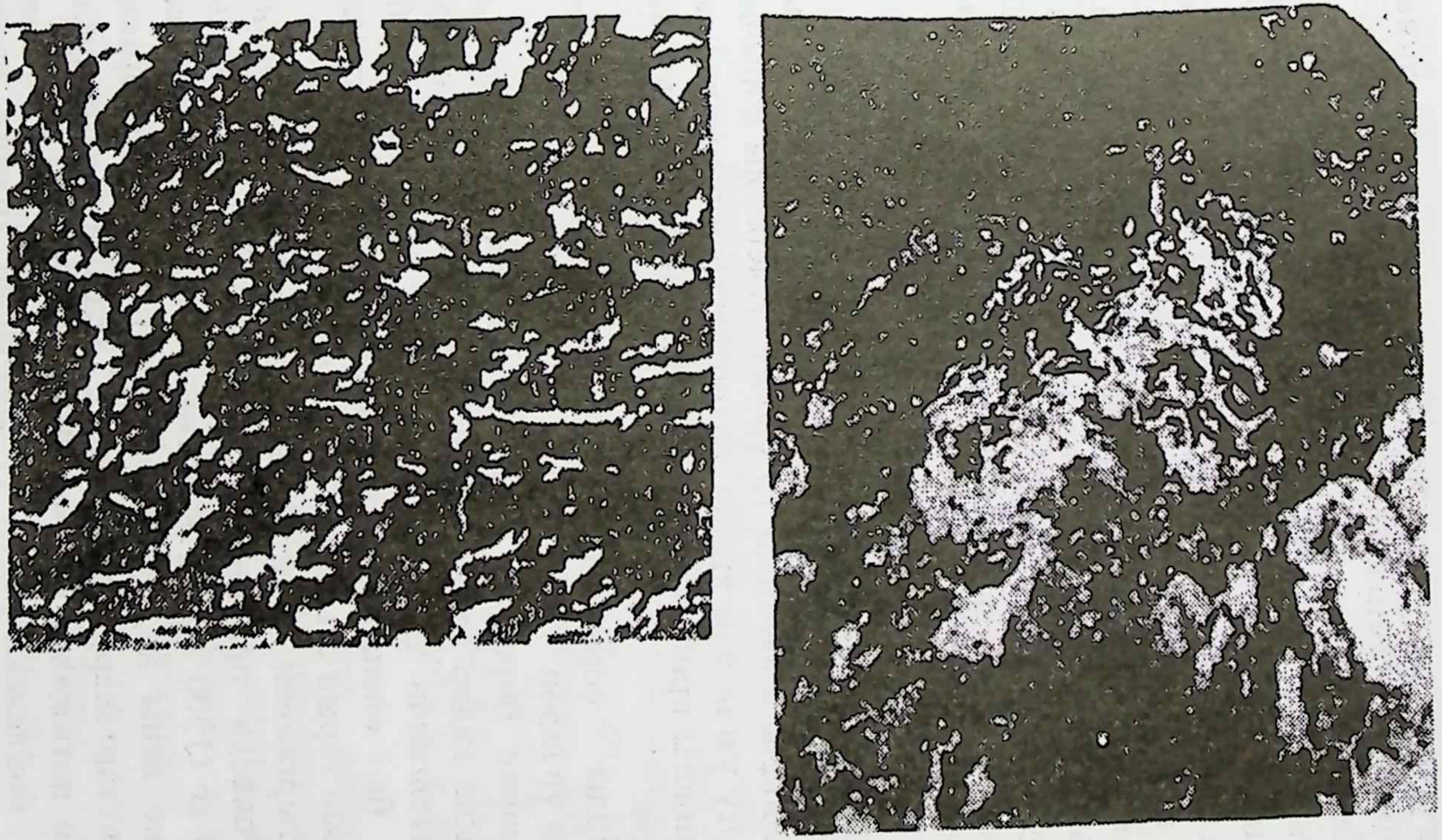
Пластинасыман төзелешле кайтару – термик эшкәртүнең иң соңгы операциясе. Аның максаты – чынктыру көчәнешләрен киметү һәм корычның алдан бирелгән механик (катылык, ныклык, үзлелек) үзлекләренә ирешү. Корычны A_{C1} температурасыннан түбәнрәк җылыталар, бирелгән температурада тоталар, аннан соң, билгеле бер тизлек белән суыталар (гадәттә, һавада). Чыныктырылган корычны җылыту температурасына карап, түбән, уртача һәм югары кайтару булырга мөмкин.

Түбән кайтару 200–250^{0}С ка җылытып кайтару мартенситы табу һәм, катылыкны саклап калып, эчке көчәнешләрнең бер өлешен алу максатында үткәрелә. Күпчелек детальләр, үлчәү һәм кисү инструментлары өчен түбән кайтару кулланыла.

Уртача кайтаруны 350–500^{0}С ка җылытып, кайтару трооститы табу, югары эластиклык чигенә ирешү һәм үзлекне



Рәсем 6.3. Троостит структурасы: *а)* кайтару трооститы; *б)* чыныктырау трооститы.



Рәсем 6.4. Сорбит структурасы: *а)* кайтару сорбиты; *б)* чыныктыру сорбиты.

берникадәр күтәрү өчен үткәрәләр. Уртача кайтару пружиналар, рессорлар, тимерче штамплары хәзерләү өчен ярым фабрикатлар ясаганда кулланыла. Кайтару трооститы бөртекле төзелешле һәм пластиналыга караганда югарырак дәрәҗәле механик характеристикаларга ия.

Югары кайтару 500–600^{0}С ка җылытып үткәрелә. Максаты – кайтару сорбиты алу, ныклык һәм пластиклык үзлекләре арасында иң уңай нисбәт табу. Ул бик күп детальләр өчен кулланыла (автомобиль күчәрләре, двигатель шатуннары һ.б.). Кайтару сорбиты бөртекле төзелешкә ия, бу төзелешнең механик характеристикалары пластиналы сорбитка караганда күпкә өстен.

Приборлар, материаллар, инструментлар. Эшне үтәү өчен,_муфельле мич, су һәм май тутырылган чыныктыру мичләре, углеродлы корычның 15 үрнәге; углеродлы корычның термик эшкәртү узган һәм химик эшкәртелгән микрошлифлары Роквелл тибындагы прибор, металлографик микроскоп, кыскыч, шомарту кәгазе.

Углеродлы корычның 15 үрнәгенең башлангыч катылыкларын үлчиләр.

Үрнәкләрне бирелгән маркалы корычның чыныктыру температурасына кадәр җылытылган мичкә урнаштыралар һәм анда таләп ителгәнчә тоталар. Аннан соң, үрнәкләрнең бер өлешен суда, бер өлешен майда, сыеклык эчендә туктаусыз хәрәкәтләндереп торып суыталар, бер өлеше һавада суына.

Чыныктырганнан һәм кайтарганнан соң, үрнәкнең катылыгын Роквелл приборында (С шкаласында) үлчиләр, йөкләнеш 150 кг (1500 Н). Бу кыйммәтләрне НВ га күчерәләр (үлчәгәнче, ике якны да, тутыкны төшерү өчен, шомарткыч кәгазь белән чистарталар). Нәтиҗәләр 6, 7 графларга язып куела.

Алынган нәтиҗәләр буенча, $HB = f(T_{жыл})$; $HB = f(T_{суыт})$; $HB = f(T_{кайт})$ бәйлелекләренең графикларын төзергә кирәк.

Шулай ук термик эшкәртүдәге төрле режимнарның механик үзлекләргә тәэсире турында нәтиҗәләр ясалырга тиеш.

Тәкъдим ителгән корыч үрнәкләре шлифларының микроструктурасын карагыз, характеристика бирегез һәм, схема рәвешендә, дәфтәрләрегезгә ясап куегыз. Һәр рәсем астына корычның маркасын, структурасын, катылыгын, термик эшкәртү режимын күрсәтегез.

Искәрмә: бу эшне үтәгәндә, студентлар, эшкәртүнең температура режимына карап, 4–5 төркемгә бүленә. Бригадаларның сынау нәтиҗәләре таблицада гомумиләштерелә.

<u>Лаборатор эшне үтәп тапшыру өчен, программаның түбәндәгеләрне йөренергә кирәк:</u>

1) халәт диаграммалары белән термик эшкәртүне үткәрү мөмкинлеге арасында бәйлелекне;
2) аустенитның изотермик таркалу диаграммасын һәм мартенситлы диаграмманы; корычны термик эшкәртү режимнарын (җылыту температурасын, суыту тизлеген, салкын белән эшкәртү температурасын) билгеләгәндә, бу диаграммалардан файдалана белү;
3) термик эшкәртүнең төп төрләре һәм аларның билгеләнешен; җылыту температурасы белән суыту тизлегенең бөртек зурлыгына һәм температурасына йогынтысын;
4) корычны чыныктыру һәм кайтару теориясен; чыныктыруның максатын; чыныктыру температурасы сайлап алуны; чыныктыру тирәлекләренә таләпләр һәм чыныктыру методларын; корычны кайтару төрләрен һәм билгеләнешләрен; аустенит һәм мартенситның таркалу продуктларын; аларның төзелешен һәм үзлекләрен; нормальләштерү, чыныктыру һәм кайтарудан соң, корычның

структурасындагы һәм үзлекләрендәге аерымлыкларны белергә кирәк.

Үз–үзеңне тикшерү өчен сораулар

1. Нинди очракта видманштет структурасы барлыкка килә?
2. Аустенитның изотермик әверелешү диаграммасы ничек төзелә?
3. Аустенитлы структурадагы һәм мартенситлы структурадагы тыгызлыкны билгеләгез. Тыгызлык кайсына зуррак? Ни өчен?
4. Җылыту температурасы корычның структурасына һәм үзлеклегенә ничек тәэсир итә?
5. Кайтару ватылучанлыгы нәрсә ул?
6. Картаю процессларының асылы нәрсәдә?
7. Термик эшкәртүне характерлаучы параметрлар.
8. Башлангыч һәм соңгы термик эшкәртүләрнең билгеләнеше.
9. Яндырганнан, нормальләштергәннән, чыныктырганнан һәм кайтарганнан соң, корычның механик үзлекләре ничек үзгәрә?
10. Чыныктыру өчен суыткыч сыекчаларга нинди таләпләр куела?
11. Нинди корычларны чыныктыралар?
12. Чыныктырганда, технологик процессның кайсы этабында һәм нинди төр брак ешрак очрый?
13. Кайтаруның төп максаты нидән гыйбарәт?
14. Нинди корычлар өчен яндыруны арзанрак эшкәртү – нормальләштерү белән алыштырырга мөмкин?

15. Өслекне чыныктыру нидән гыйбарәт һәм ул ничек үткәрелә?
16. термик эшкәрткәндә, үрнәкне деформацияләнүгә нинди көчәнешләр китерә?

$HB_{башл} = 220$; t = 15 мин

№	T, ^0C	Тирәлек	$T_{башл}$, ^0C	Термик эшкәртү нәтиҗәләре			Күтелгән структура	Термик эшкәртү төрләре
				Катылык				
				HRB	HRC	HB		
1	950	Су						
2	950	Май						
3	950	Һава						
4	850	Су						
5	850	Май						
6	850	Һава						
7	850	Су	200					
8	850	Су	400					
9	850	Су	600					
10	750	Су						
11	750	Май						
12	750	Һава						
13	650	Су						
14	650	Май						
15	650	Һава						

ДЮРАЛЮМИНИЙНЫ ТЕРМИК ЭШКӘРТҮ

7 эш

<u>Эшнең максаты:</u> 1) дюралюминийның составын, үзлекләрен, маркаларын, термик эшкәртү төрләрен өйрәнү; 2) дюралюминийны чыныктыру һәм картаю процессын өйрәнү. Термик эшкәртүнең нәтиҗәләрен, материалның катылыгы үзгәрү буенча бәяләү.

Теоретик положениеләр

<u>Дюралюминийнең составы, үзлеге, маркалары һәм гамәли кулланылышы.</u>

Дюралюминий дип алюминий (Al) – бакыр (Cu) – магний (Mg) катнашкан эретмәләрне атыйлар. Болардан тыш, бу системага марганецны (Mn) өстәмә кертелә. Катышма сыйфатында тимер (Fe) һәм кремний (Si) да була. Алюминийның кайбер маркаларының составы һәм үзлекләре 1 таблицада бирелгән. Шунда ук чиста алюминийның (А995) механик үзлеге китерелә.

Дюралюминийның нигезе булып алюминий тора. Ул эретмәгә әһәмиятле үзлек – түбән тыгызлык бирә. Ул эретмәгә әһәмиятле үзлек – түбән тыгызлык бирә. Дюралюминийның тыгызлыгы корычтан өч тапкыр диярлек ким: 2,8 һәм 7,8 г/см^3. Бакыр һәм магний, алюминий белән химик бәйләнешкә кереп ныгытучы дип атала торган S ($CuMgAl$) һәм T ($CuMg_5Al_5$) фазалар хасил итәләр. Бу чиста алюминий белән чагыштырганда, эретмәнең ныклыгын арттыра (1 таблица). S һәм T фазалары – җәяләрдә күрсәтелгән химик кушылмаларда алюминийның каты эремәләре булып тора. Марганец дюралюминийның коррозиягә каршы тотрыклылыгын үстерә.

Тимер һәм кремний – зарарлы катышмалар. Эретмәнең компонентлары белән химик кушылмалар хасил итеп, алар аның ныклыгын һәм үзлелеген, шулай ук картаю вакытында ныгыту эффектын киметәләр. Дюралюминийда аларның микъдары 0,5–0,7% тан артмаска тиеш.

Дюралюминий чыныктырылган һәм картайтылган хәлдә канәгатьләнерлек, ә яндырылганнан соң начар киселә. Ноктадай эретеп ябыштыруны яхшы тота. Эретеп ябыштыру тәкъдим ителми, чөнки дюралюминийда ярыклар килеп чыгарга мөмкин.

1 таблица

Кайбер металларның химик составы һәм механик үзлекләре

Состав, %	Компонентлар һәм параметрлар	Металл маркасы			
		A995	Д1	Д16	Д18П
	Cu	–	3,8–4,8	3,8–4,9	2,2–3,0
	Mg	–	0,4–0,8	1,2–1,8	0,2–0,5
	Mn	–	0,4–0,8	0,3–0,9	–
	Fe	–	0,7	0,5	
	Si	–	0,7	0,5	
Яндырган–нан соң	σ кгк/мм^2	5	21	22	
	σ %	50	18	18	
	HB, кгк/мм^2	–	45	50	
	ψ, %	–	54	55	30
Чыныктыр–ганнан һәм картайт–каннан соң	σ кгк/мм^2		42	47	30
	σ %		15	17	24
	HB, кгк/мм^2		35	30	50
	ψ, %		100	105	

Дюралюминийның коррозиягә тотрыклыгы бик түбән. Коррозиядән саклау өчен, аны чиста алюминий (99,5% тан ким

түгел) катламы белән каплыйлар. Чиста алюминий үз өслегендә ныклы һәм тыгыз оксид пленкасы Al_2O_3 хисабына коррозиягә каршы югары тотрыклы. Эретмәне коррозиядән саклау өчен, тулай анодлау да кулланыла (деталь өслегендә электролиз юлы белән саклагыч оксид пленкасы ясала).

Д16 эретмәсендә (супердюралюмин) Д1 эретмәсе (нормаль дюралюминий) белән чагыштырганда магний күбрәк микъдарда була һәм шунлыктан аның ныклыгы да зуррак (1 таблица).

Д1 һәм Д16 эретмәләре клепкалы төрле төзелеш конструкцияләрендә (арка, ферма, асылма дага), шулай ук авиация һәм суднолар төзелешендә кулланыла. Д18П эретмәсеннән заклепкалар җитештерелә.

Дюралюминийны термик эшкәртү

Al-Cu эретмәсе мисалында термик эшкәртү процессын тикшерик. 1 рәсемдә бу эретмәнең диаграммасы күрсәтелгән. Диаграмманың әлеге участогында алюминий белән бакыр түбәндәге каты фазаларны хасил итә:

– бакырның алюминийдагы каты фазасы (фаза α). Нормаль температурада алюминийда 0,2% Cu эри, бакырның алюминийда максималь эрүе – 518^0C та 5,7% ны тәшкил итә;

– $CuAl_2$ химик кушылмасы;

– алюминийның $CuAl_2$ дә каты эремәсе (θ фазасы).

Яндыру. Максаты – эретмәнең бериш структурасын алу һәм эчке көчәнешләрдән арындыру. Яндыру түбәндәге операцияләрдән тора:

1. Дюралюминийның маркасына карап, эретмәне 350^0–430^0C ка кадәр җылыту.
2. Җылыту температурасында тоту.

3. Мич белән бергә салмак суыту (30^0C/сәг һәм артык түгел), 150^0–260^0C ка кадәр; аннан соң һавада суыту.

Яндыру нәтиҗәсендә, каты α эремәсеннән һәм θ фазасыннан торган бериш структура хасил була.

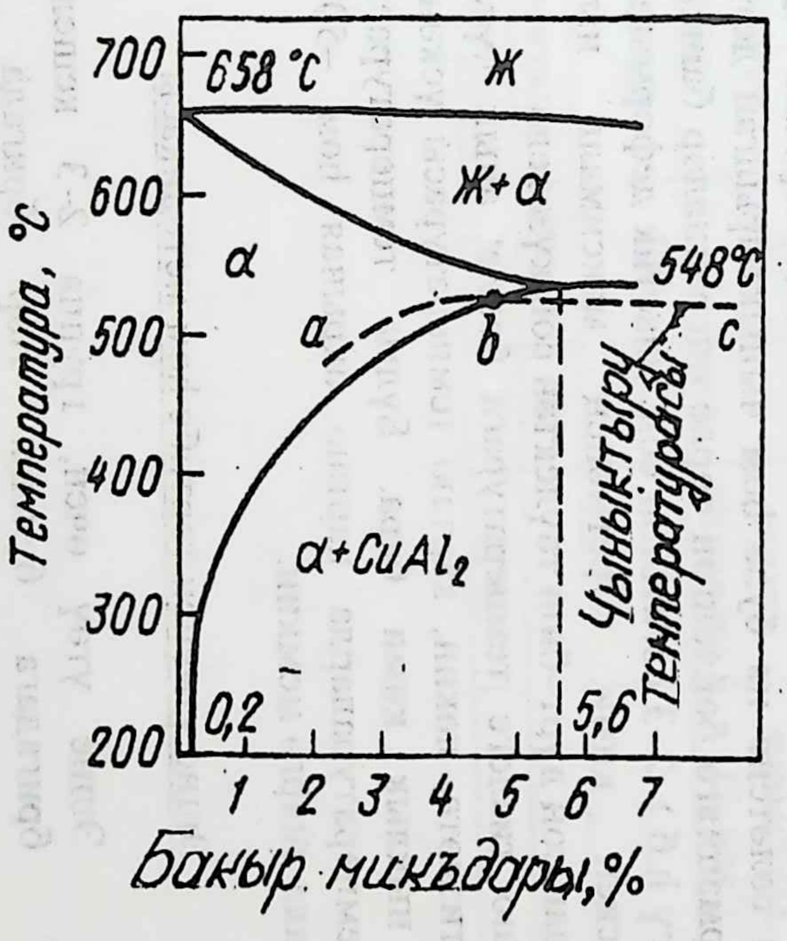
Чыныктыру. Максаты – бүлмә температурасында бериш каты α эремәсен алу. Чыныктыру түбәндәге операцияләрдән тора.

1. Эретмәне бакырның чик эрүчәнлек сызыктан югарырак җылыту (1 рәсемдә DF сызыгы). Бу вакытта эретмәдәге барлык бакыр алюминий да эреп бетә һәм бериш каты α эремәсе барлыкка килә.
2. Җылыту температурасында тоту.
3. Тиз суыту (мәсәлән, суда).

Каты эремәне чыныктыру температурасыннан кискен суыту бу структураны нормаль температурада беркетә. Чыныктырганнан соң барлыкка килгән каты эремә туендырылган була, ягъни аларда гадәти шартлардагыдан күбрәк микъдарда бакыр була.

Д1 эретмәсе өчен чыныктыру температурасы 495^0–505^0C, Д16 өчен – 490^0–500^0C. Чыныктыру температураларының тирбәнешләре 5^0C тан артмаска тиеш. Эретмәне җылытып җиткермәгәндә, алюминийда интерметалл кушылмалар тулысынча эреп бетми (θ фазасы кебек) һәм, кайтканда, эретмәнең ныклыгы азга гына арта. Оптималь температурадан югары җылыту артык кызуга китерә (бөртекләр үсә, бөртек чикләре эри һәм оксидлашу башлана), шунлыктан ныклык һәм кискен кими.

Картаю. Туендырылган каты эремә тотрыклы булмый, вакыт үтү белән акрында θ фазасы аерылып чыгуга һәм эремәдә гадәти системадагы кадәр генә бакыр микъдары (0,2%) саклануга китерә торган процесслар бара. Бу процесс картаю



Рәсем 7.1. Эретмәнең халәт диаграммасы

дип атала. Әгәр бу процесс бүлмә температурасында барса – ул табигый картаю дип, югарырак температурада – ясалма картаю дип атала.

Табигый картаю процессында Al+4%Cu эретмәсенең ныклыгы үзгәрү рәсемдә күрсәтелгән. Яндырылган эретмәнең ныклык чиге δ_B=20 кгс/мм^2, чыныктырылгач – 25 кгс/мм^2, картайганнан соң ул 40 кгс/мм^2 ка җитә.

Табигый картаюның башында (2–3 сәг) ныклык арту күзәтелми. Бу инкубация периоды дип атала. Ул технологик әһәмияткә ия, чөнки бу вакыт эчендә эретмә пластик деформация сәләтенә ия була һәм чыныктырылган детальләр белән деформациягә бәйләнгән төрле операцияләр башкарырга мөмкин (бөгү һ.б.). 2–3 сәгатьтән соң, пластик деформацияләнү сәләте кискен кими. Эретмәнең максималь ныклыгы чыныктырудан соң дүрт–биш тәүлектән соң күзәтелә.

Картаю тизлеге температурага бәйле: аның күтәрелүе процессны тизләтә, ләкин, картаю температурасы үскән саен, максималь ныклык кими бара. Бүлмә температурасыннан түбәнрәк температураларда картаю акрыная һәм –50^{0}С та картаю туктала дияргә мөмкин.

Эшне үтәүнең тәртибе һәм методикасы

1. Эшне үтәү өчен, группа 2–3 кешелек 5 бригадага бүленә. Һәр бригада алдан яндырылган бер дюралюминий үрнәге белән эшли.
2. Бринель приборы ярдәмендә яндырылган дюралюминий үрнәгенең катылыгын билгеләргә. Нәтиҗә 2 таблицага языла.
3. Дюралюминийны чыныктырырга (режим 2 таблицада) һәм үрнәкнең катылыгын үлчәргә. Нәтиҗә таблицага языла.

4. Таблицадагы режимнар буенча дюралюминийне ясалма картайтырга. Аннан соң, катылыкны үлчәп, таблицага язарга.
5. Дюралюминий ныклыгының картаю температурасына бәйлелеге графигын төзергә.

2 таблица

Термик эшкәртү төре	Эшкәртү режимы			Эз диаметры, D, мм	Катылык, HB, кгк/мм^2
	^{0}C	τ, мин	суыту тирәлеге		
Яндыру	400	30	мич белән		
Чыныктыру	500±5	20	су		
Картаю	300	20	һава		

КОРЫЧНЫ ХИМИК–ТЕРМИК ЫСУЛ БЕЛӘН ЭШКӘРТҮ

КОРЫЧНЫ ХИМИК–ТЕРМИК ЫСУЛ БЕЛӘН ЭШКӘРТҮ

8 эш

<u>Эшнең максаты:</u> цементация процессының дәвамлыгының һәм температурасының цементацияләнгән катламның тирәнлегенә һәм өске катламдагы углерод концентрациясенә тәэсирен өйрәнү; микроструктурасы буенча цементацияләнгән катламның тирәнлеген билгеләү методикасын үзләштерү.

<u>Бирем:</u>

1) корычны химик–термик эшкәртү процесслары белән танышу;
2) төрле режимнарда цементацияләнгән корыч шлифлар җыелмасына микроанализ ясау, диффузион катламнар һәм үзәк микроструктурасының рәсемен ясау;
3) үрнәкләрнең цементацияләнгән катламнарының тирәнлеген үлчәү һәм катлам калынлыгының цементация вакытына бәйлелек графигын төзү;
4) бирелгән корыч өчен оптималь цементация режимы шартларын билгеләү;

Химик–термик – корычның өслеген төрле элементлар ярдәмендә диффузия юлы белән баету.

Хәзерге вакытта сәнәгатьтә корыч өчен түбәндәге эшкәртү төрләренә кулланалар: цементация (углеродка баету), цианирлау (углерод һәм азотка баету), азотлау, хромлау, алитирлау (алюминийга баету), силицийлау (кремнийга баету), борлау (борга баету), диффузион цинклау һәм кургашлау. Химик–термик эшкәртүнең максаты – өске катламның физик–химик үзлекләрен (катылыгын, тузуга чыдамлыгын, ару чиген,

кызуга чыдамлыгын, коррозиягә чыдамлыгын) яхшырту. Аерым алганда, корычны цементацияләп, каты һәм тузуга чыдам өслекле, шул ук вакытта, үзәге үзле һәм динамик йөкләнешкә әйбәт чыдам булган машина детальләре ясала. Аз углеродлы (0,30% ка кадәр) гади һәм легирланган корычтан эшләнгән детальләрне цементациялиләр. Цементациядән соң, чыныктыру үткәрү – мәҗбүри.

Корычта карбид ясаучан легирлаучы элементлар (V, Mo, Ti) бер процентан кимрәк булса да, өслек углерод белән яхшы туена, ә аустенитта эри торган элементлар (Si, Al, Ni, Ca), киресенчә, моңа каршы тора.

Цементацияләнүче корычлар:

– кискеч инструмент белән яхшы эшкәртелергә тиеш;
– артык җылытуга каршы торырга, ягъни вак бөртекле булырга тиеш;
– чыныктыру процессында аз деформацияләнергә тиеш;
– термик эшкәртелүче деталь үлчәмен даими килеш сакларга тиеш.

Цементацияләнгән катламда калдык аустенит бик күп булырга тиеш түгел, чөнки ул катылыкка, чыдамлылык чиге ныклыгына һәм тузуга каршы тора алучанлыкка тискәре йогынты ясый. Перлит белән чагыштырганда чагыштырма күләме кечерәк булган калдык аустенит, цементацияләнгән һәм чыныктырылган эшләнмәләрдә калдык тартылу көчәнешләре килеп чыгуга сәбәпче булып тора. Цементация детальләрне җылыту тиешле углеродлаучы тирәлектә (карбюризаторда), корычның аустенит халәте температурасында озак тоту юлы белән үткәрелә. Тирәлекнең халәтенә карап, цементация каты җисем, газ һәм сыекча хәлендә була. Хәзерге вакытта, газлы цементацияләү ешрак таралган һәм экономияле процесс булып тора. Карбюризаторлар сыйфатында углеродлы табигый газлар (метан, этан һ.б.), шулай ук керосин, синтин һ.б. пиролиз белән

табылган газлар кулланыла. Өслекне углерод белән баету өч стадиядән тора: диссоциация (углеродны атом хәлендә табу); адсорбция, диффузия (углеродның металлга үтеп керүе). Шулай итеп, цементацияләнгән корычтагы углерод микъдары температура, вакыт, тирәлекнең активлыгы, корычның химик составына бәйле. Углерод концентрациясе эшләнмәнең үзәгенә таба кими бара. Өске катламда углерод концентрациясе 0,9–1,0% чамасы булырга тиеш, чөнки углерод тагын да күбрәк булса, өске катлам уалучанрак була. Химик составның үзгәрүе нәтиҗәсендә, структура да үзгәрә. Цементация вакытында бәйле рәвештә, өслектә я эвтектоидлы (перлит), я эвтектоидтан соңгы (перлит һәм цементит) структура хасил була. Үзәккә якынайганда, эвтектоидка кадәрге күчеш зонасы күзәтелә, биредә перлит кими, ә феррит арта.

Цементация процессын дөрес үткәреп, акрын суытканнан соң, юка цементит челтәреннән һәм вак перлиттан торган өслек структурасы нормаль структура дип атал. Корычта нормаль структура барлыкка килүгә, марганецның күбрәк булуы йогынты ясый. Кайвакыт, цементацияләнгән катламның эвтектоидка кадәрге зонасында цементит феррит белән әйләндереп алынган зур участокларга җыела. Мондый структуралы корыч анормаль корыч дип атала.

Цементацияләнгән катламның тирәнлеге цементация вакытына һәм температурасына бәйле. Гадәттә, цементация тирәнлеге итеп үлчәнә торган тирәнлек, ягъни өслектән алып, күчеш зонасы тирәнлегенең яртысына кадәрге ераклык алына (якынча 0,4%С булган ноктага кадәр).

Цементациядән соң, детальләрне термик эшкәртү мәҗбүри, чөнки ул өслекнең югары катылыгына, ә үзәктә бөртекләрнең вaклануына китерә. Термик эшкәртүгә түбәндәге операцияләр керә: 900–920^{0}С та чыныктыру (яки нормальләштерү); 750–760^{0}С та чыныктыру; 160–180^{0}С та кайтару.

Цементациядән соң корычны термик эшкәртүнең өч режимы була.

Вак бөртекле корычтан эшләнгән бик әһәмиятле булмаган детальләрне эшкәртү өчен, цементация температурасыннан суга яки майга суытып чыныктыру. Чыныктырудан соң, өслек структурасы эре энәсыман мартенситтан һәм калдык аустениттан, ә үзәкнең структурасы – эре бөртекле ферриттан һәм перлиттан тора.

Бер кат термик эшкәртү эшләнмәне цементациядән соң салмак суытудан һәм 850^0C тан чыныктырудан гыйбарәт. Кабат җылыту бөртекнең вакландуына һәм, димәк, механик үзлекләренең яхшыруына китерә.

Ике кат термик эшкәртү–җылытканда, ике тапкыр кабат кристаллаштырудан гыйбарәт. Беренче җылытудан соң, майда яки һавада суыту үзәктәге бөртекнең вакландуына китерә. Икенче чыныктыру $750–780^0C$ та үткәрелә. Өске катламның артык кызуына китермичә, ул эшләнмә өслегенә югары катылык бирелә. Термик эшкәртүнең бу төре аеруча әһәмиятле (эре бөртекле корычтан эшләнгән) детальләрне эшкәртүдә кулланыла.

Термик эшкәртүнең барлык өч төрендә дә – чыныктырудан соң, эчке көчәнешләрне өлешчә бетерү максатыннан чыгып, түбән кайтару ясау мәҗбүри.

Өзлексез эшләүче муфельле мичләрдә газлы цементация һәм югары ешлыклы токлар белән автоматик җайланмаларда тизләтелгән цементация үткәргәндә, күбесечә, цементация температурасыннан суытып чыныктыру һәм кайтару кулланалар. Суыту өслектәге калдык аустенитның кимүенә китерә.

Легирланган корычларда цементациядән соңгы чыныктыру өслектәге калдык аустенитны күпкә арттыра, димәк, катылык кими һәм өслектә, углерод күбрәк булу сәбәпле, калдык көчәнеш барлыкка килә. Цементацияләнгән корычны

чыныктырганнан һәм кайтарганнан соң, өслек кайтарылган мартенсит яки аз гына калдык аустенитлы троостит структурасын ала. Цементациядән соң, салмак суытканда барлыкка килгән карбид челтәре, нормальләштергәндәге кебек, җылытканда тулысынча эреп бетерә тиеш. Аның чыныктырылган катламда калуы корычны уалучан итә һәм яргалануына китерә.

Үзәкнең структурасы, чыныктырганнан соң, корычның химик составына карап, төрлечә булырга мөмкин. Углеродлы корычларның үзәгендә феррит һәм перлит структурасы саклана. Легирланган корычларда, берникадәр углеродлары булуга карамастан, каты эремәнең таркалуын тоткарлый торган легирланган элементлар күп булганлыктан, феррит һәм бик аз микъдардагы мартенсит структурасы була. Югары агу чигенә ирешү һәм цементацияләнгән катламның яньчелүен булдырмау өчен, соңгы структура отышлырак.

Цементацияләнгән детальләрнең җитешсезлеге – чыныктырудан соң, аларның өслегендә йомшак урыннар барлыкка килү . Бу баштагы аустенитта углерод концентрациясенең бериш булмавы нәтиҗәсе. Шулай ук чыныктырганда җитәрлек дәрәҗәдә тиз суытмаганда һәм өслекне җитәрлек дәрәҗәдә углерод белән баетмаганда да мондый җитешсезлек була.

Үз–үзеңне тикшерү өчен сораулар

1. Корычны химик–термик юл белән эшкәртү (цементация) нәрсә ул һәм аның максаты нәрсәдә?
2. Нинди корычлар цементацияләнә һәм ни өчен?
3. Цементациядән соңгы өслектә углеродның концентрациясе нинди?
4. Цементацияләнгән катламның структурасы нинди?

5. Цементацияләнгән катламның тирәнлеге итеп нинди зурлык кабул ителгән?
6. Цементацияләнгән катламның тирәнлегенә нинди параметрлар тәэсир итә?
7. Практикада цементацияләнгән эшләнмәләр эшкәртүнең нинди өч термик режимы кулланыла?
8. Чыныктырганнан соңгы эшләнмә өслегенең һәм үзәгенең структурасы нинди?
9. Чыныктырудан соң кайтару ни өчен эшләнә?
10. Агучанлык чиген арттыру өчен, цементацияләнгән эшләнмәләрдә үзәкнең структурасы нинди булырга тиеш?
11. Цементацияләнгән эшләнмәләрнең нинди җитешсезлекләре була?

КОРЫЧНЫҢ ҮТӘЛИ ЧЫНЫГУ СӘЛӘТЕН ТОРЕЦНЫ ЧЫНЫКТЫРУ ЮЛЫ БЕЛӘН БИЛГЕЛӘҮ

9 эш

Эшнең максаты: корычның үтәли чыныгу сәләтен билгеләү өчен, торецын чыныктыру юлын өйрәнү.

Бирем: 1) Корычның микроструктурасы һәм химик составын, эшләнмә үлчәмнәренең һәм җылыту температурасының үтәли чыныгу сәләткә тәэсирен өйрәнү;

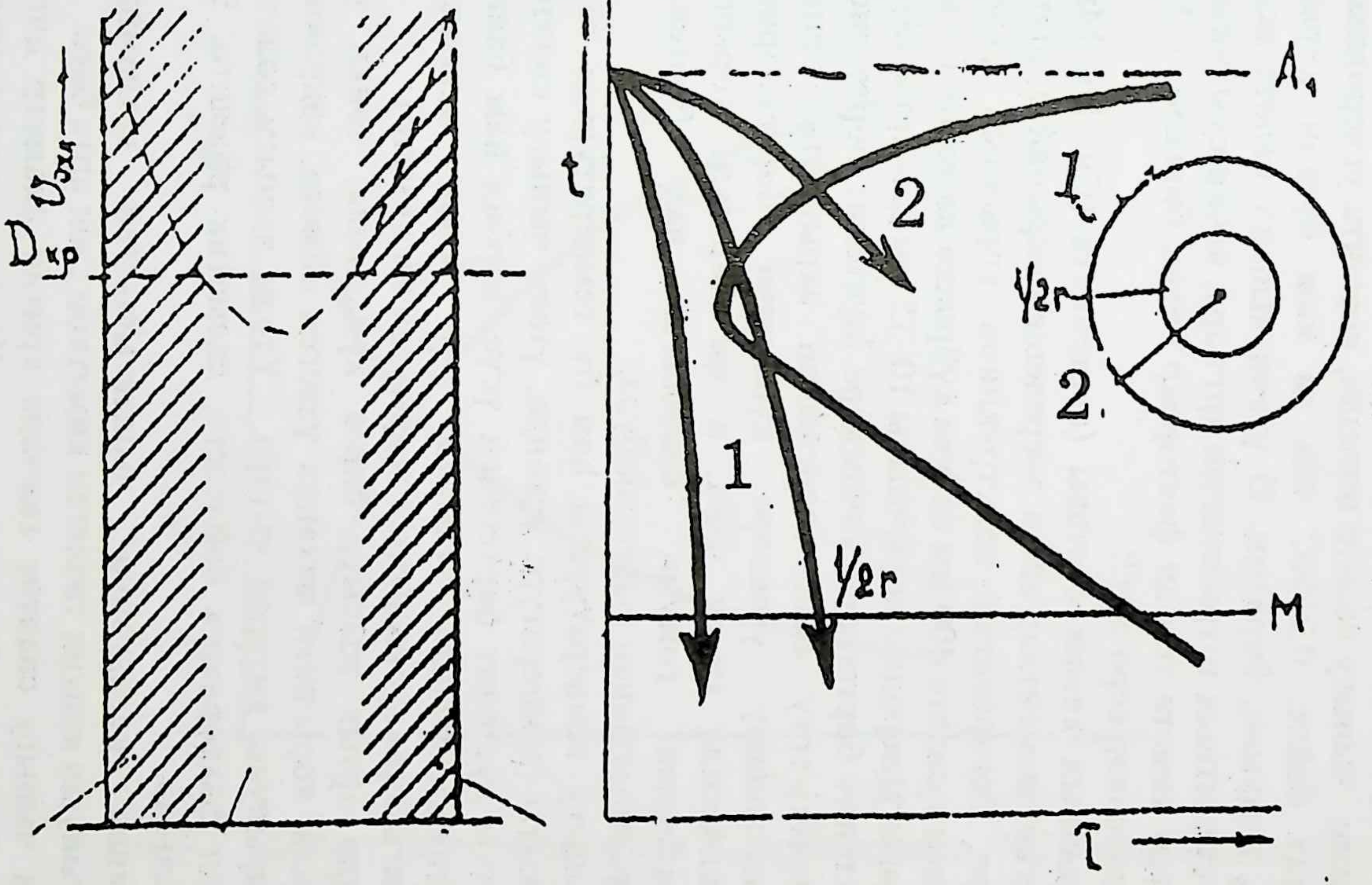
2)стандарт үрнәкнең торецын чыныктырып, күчәр юнәлешендә, катылыгын үлчәү;

3) үрнәкнең озынлыгы буенча катылык графигын төзеп, характеристик тирәнлеген билгеләү;

4) М.Е.Блантер номограммасы белән файдаланып, корычны төрле сыекчада суытканда, чыныктыруның критик диаметрын билгеләү.

Корычның билгеле бер тирәнлеккә кадәр чыныга алу сәләте аның сыйфатын билгели. Чыныгу тирәнлеге итеп, кагыйдә буларак, үрнәкнең өслегеннән алып ярыммартенсит катламга кадәрге (зона 50% мартенситтан һәм 50% трооститтан тора) тирәнлек алына. Эшләнмәнең үзәгендә яртыммартенсит катлам булмаса, үтәли чыныгу күзәтелә. Үтәли чыныгу сәләтен тулы кисем буенча яки билгеле тирәнлеккә кадәр генә була, һәм суыту тизлеге белән билгеләнә. Суыту тизлеге үрнәкнең кисеме буйлап үзгәрә, өслектә ул максималь кыйммәткә, ә үзәктә минималь кыйммәткә ия (9.1 рәсем).

Әгәр суытуның критик тизлеге ($V_{кр}$) өслектәге суыту тизлегенә ($V'_{кр}$) тигез булса (9.1 рәсем), деталь тулысынча чыныкмый (штрихлы катлам). Эшләнмәнең үзәгендә суыну тизлеге $V_{кр}$ тан зуррак булса, ул үтәли чыныга, ә инде өслектәге суыту тизлеге $V_{кр}$ тан кимрәк булса, деталь өслектә дә



Рәсем 9.1. Эшләнмәнең киселе буйлап суыту тизлегенең бүленүе һәм чыныктырылган катламның тирәнлеге; 1 – өслек; 2 – үзәк.

чыныкмый (9.1 рәсем). Димәк, критик тизлекне киметкән вакытта, чыныктырылган катламның тирәнлеге арта.

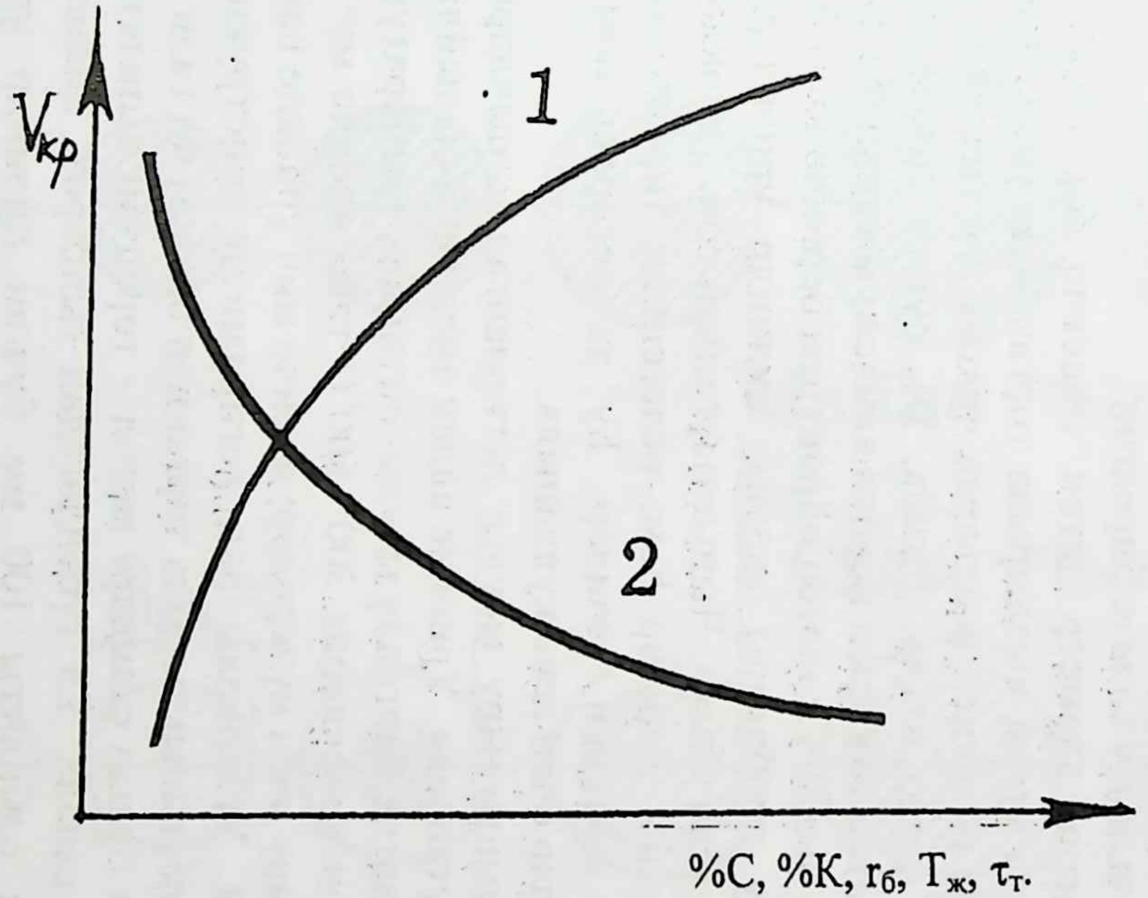
Корычның чыныгу сәләте нигездә, корычта углеродның күпме булуына бәйле. 0,25%С тан да ким булган корыч чыныктыруга, гомумән, бирелми. Ә үтәли чыныгу сәләте исә, суытканда, аустенитның тотрыклыгын арттыра, ягъни суытуның критик тизлеген киметә торган факторлар белән билгеләнә. Бу факторларга нәрсәләр керә соң?:

– корычның химик составы (аустенитта (Cu, Ni, Mn) эрегән элементлар аның әверелешен акрынайта, шуңа күрә, легирланган конструкцион корычның үтәли чыныгу сәләте 400 мм га һәм күбрәккә дә җитә, (ә иң югары углеродлы корычныкы 10–15 мм дан артмый);
– аустенит бөртегенең үлчәмнәре (аустенит бөртегенең үлчәме арту анаң әверелешен акрынайта, чөнки кристаллашу үзәкләре күбесенчә бөртекләрнең чикләрендә килеп чыга, ә эре бөртекле корычта чикләрнең гомуми озынлыгы вак бөртекле корычныкыннан кыскарак була;
– җылыту температурасы һәм бу температурада тоту вакыты (температура үскәндә, үтәли чыныгу сәләтен артуы аустенит бөртегенең үсүе, карбид һәм башка катнашмаларның тулырак эрүе белән аңлатыла; соңгылары аустенитның тотрыклыгын киметә).

Гамәлдә артык җылыту сирәк кулланыла, чөнки ул, чыныктырганда, корычның механик үзлеген киметә, кәкрәюне, калҗаюны, ярылуны китереп чыгара. Үтәли чыныгу сәләтен алда әйтелгән факторларга бәйлелеге, схематик рәвештә, 9.2 рәсемдә күрсәтелә.

Рәсемнән күренгәнчә, чыныктырылган катламның тирәнлеге суынуың критик тизлеген киметкән саен арта бара.

Үтәли чыныгу сәләтне гамәлдә критик диаметр дигән зурлык белән билгеләнә. Критик диаметр ($D_{кр}$) бирелгән суыткач



Рәсем 9.2 Чыныгу тирәнлегенең һәм $V_{кр}$ ның углерод (%C), катнашмалар (%K), күләменә, аустенит бөртегенең зурлыгына ($r_б$), җылыту температурасына ($T_ж$), һәм вакытына ($\tau_т$) бәйлелеге. 1- чыныгу тирәнлеге; 2- чыныктыруның критик тизлеге ($V_{кр}$).

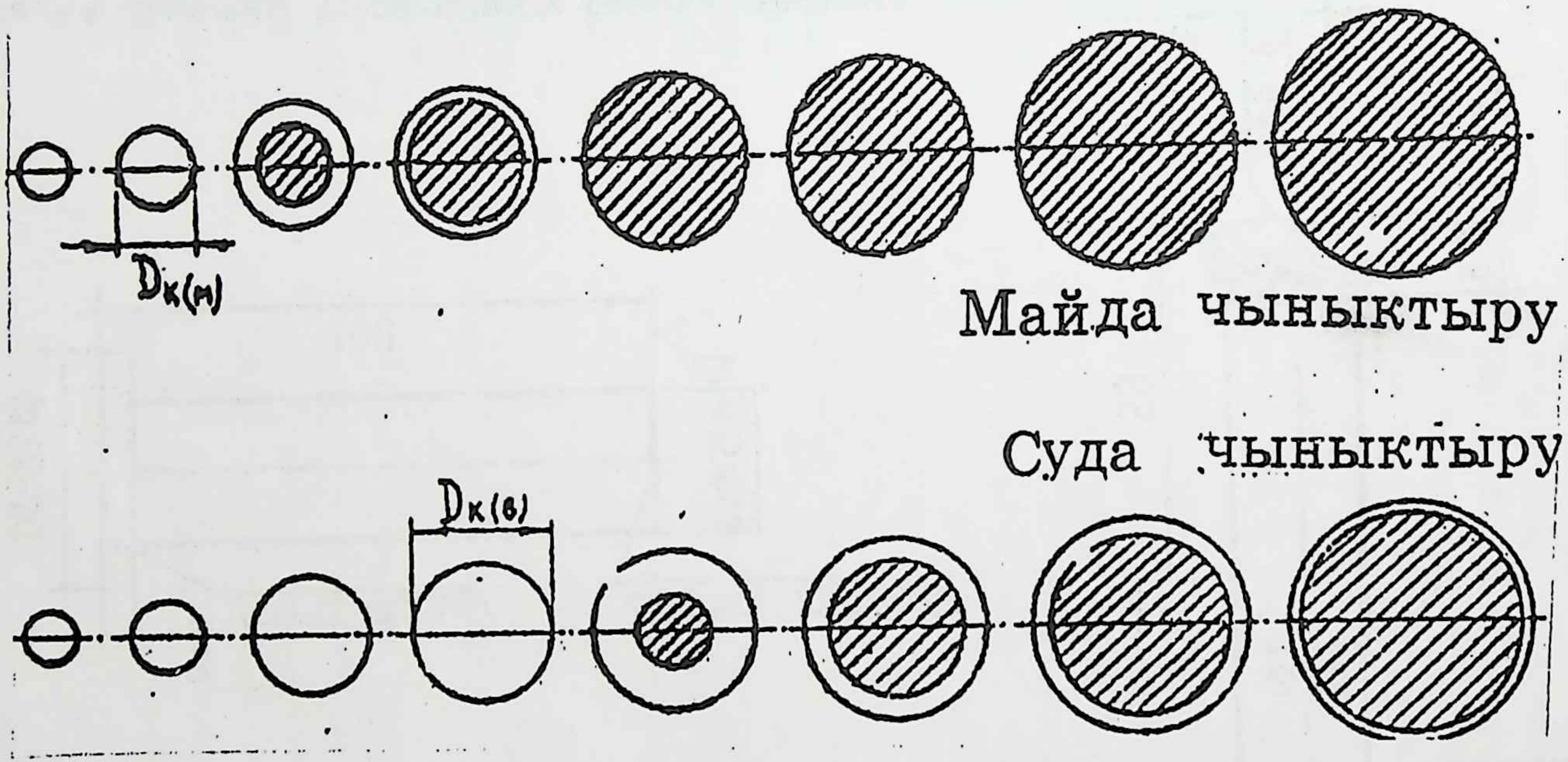
та , үтәли чыныккан цилиндрның максималь диаметры. Суыту тизлеге төрле тирәнлектә төрлечә булганлыктан, һәрбер суыткычның, бер үк корычтан ясалган эшләнмәләре өчен, үз ($D_{кр}$) кыйммәте бар.

9.3 рәсемдә бер үк маркалы, әмма кисемнәре төрле булган корыч үрнәкләрнең суда һәм майда суытканнан соң вакыттагы , үтәли чыныгу сәләте бирелгән.

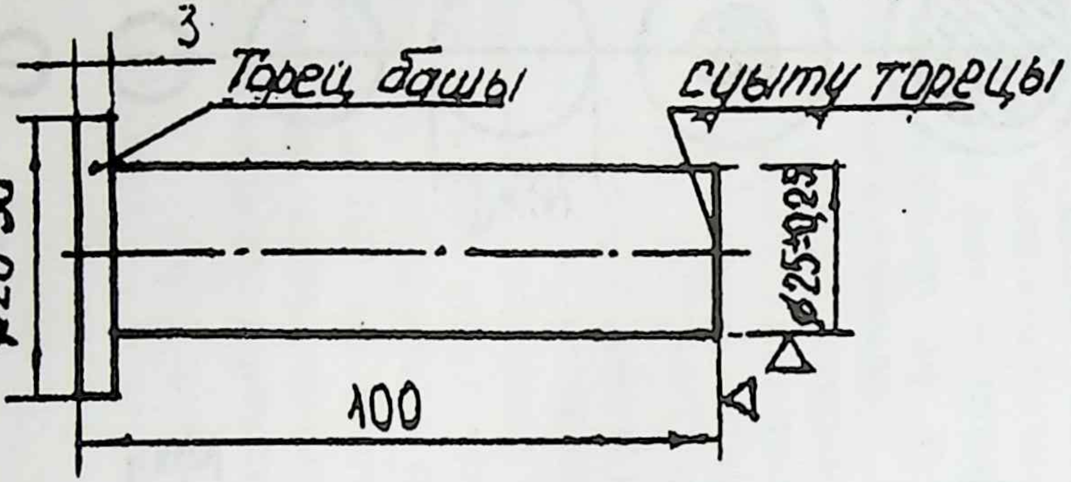
Идеаль критик диаметр дигән төшенчә бар ($D_{кр}$). Ул «идеаль» сыеклыкта үтәли кыздырыла торган максималь кисем диаметры; сыеклык өслекнең җылысын чиксез зур тизлек белән алып бетерә дип фараз ителә. Димәк, $D_{кр}$ суыту тизлегенең , үтәли чыныгу сәләткә тәэсирен исәпкә алмаска мөмкинлек бирә. Корычның , үтәли чыныгу сәләтен өйрәнүнең берничә юлы бар.

Чыныктыру пробалары ысулы: цилиндр үрнәкләрдән, түгәрәк кисемнәр ясап алына. Чыныктырганнан соң, үрнәкләрне ваталар, катылыгын үлчиләр һәм, өслегеннән тирәнгә таба, катылык үзгәрү кәкресен төзиләр. Бу аз легирлы һәм аз углеродлы корычлар өчен генә кулланыла.

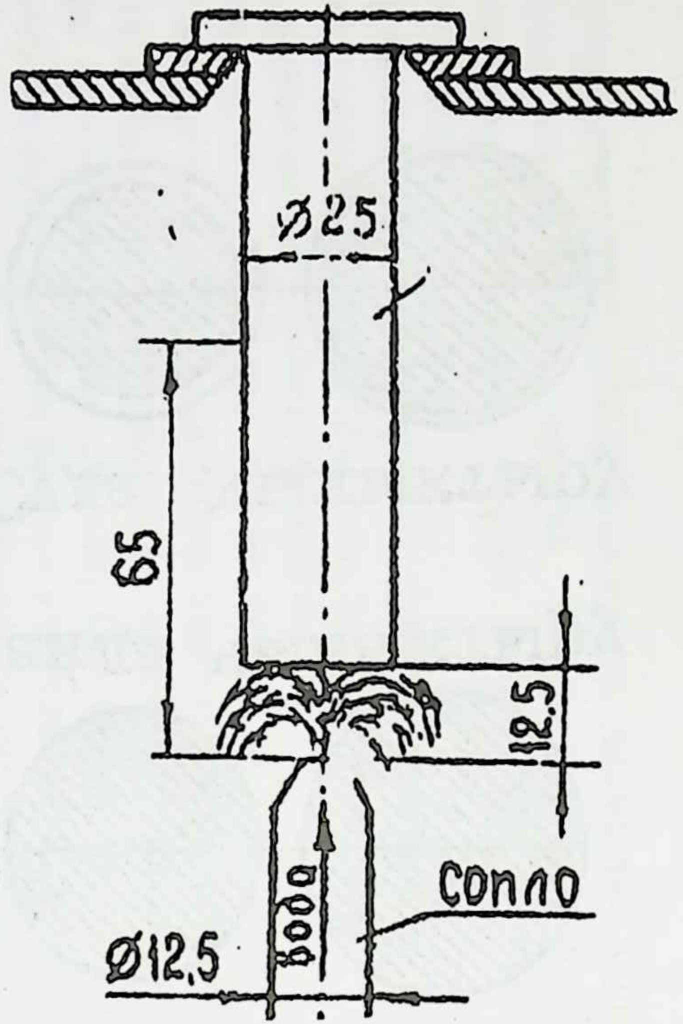
Торецны чыныктыру ысулы: легирланган корычларның бик күбәсе өчен үткәрелә. Үрнәкне алдан тиешенчә сылыйлар. , Үтәли чыныгу сәләтне билгеләү ысулы–оптималь температурага кадәр җылытылган үрнәкләрне 300^0–500^0С тагы икенче мичкә–торецны чыныктыру өчен күчерәләр; икенче мич үрнәкне һавада суынудан саклый. Углеродлы һәм легирланган конструкцион корыч өчен (һавада чыныктырыла торганнан башка) иң гади һәм универсаль метод булып стандарт метод – торецтан чыныктыру (ГОСТ 5657–51) санала. Ул түбәндәгедән гыйбарәт: диаметры 25±0,25 мм һәм озынлыгы 100 мм булган цилиндр үрнәк чыныктыру температурасына кадәр җылытыла, ә аннан соң, махсус җайланмада су агымы белән торецтан чыныктырыла (9.4 һәм 9.5 рәсемнәр).



Рәсем 9.3 Төрле үлчәмдәге чыбыкларның суда һәм майда суытканнан соң чыныгу тирәнлеге (чыныктырылмаган үзәк штрихланган).



Рәсем 9.4. Корычны үтәли чыныгу сәләткә сынауның стандарт үрнәге.



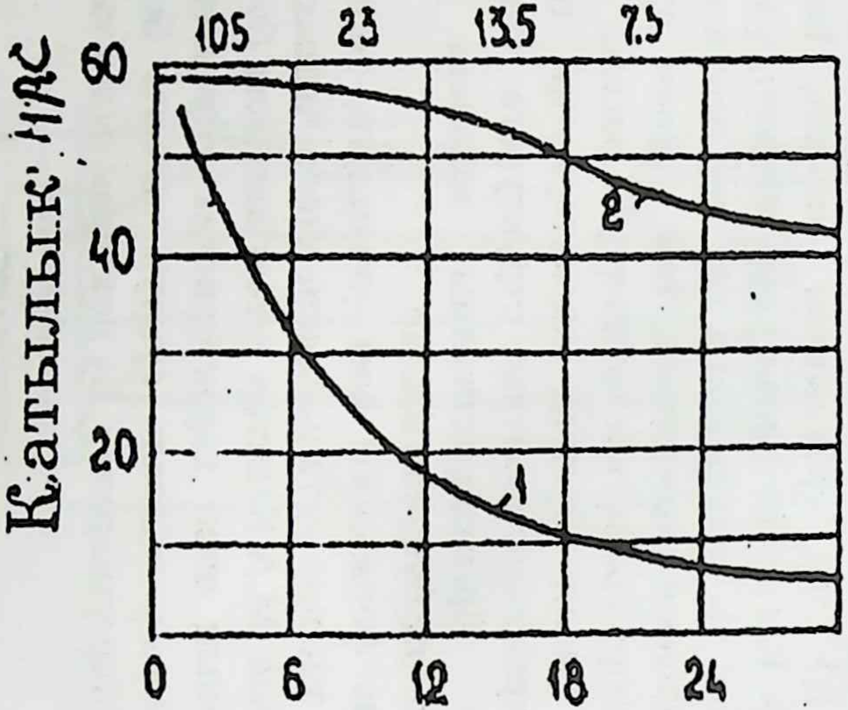
Рәсем 9.5. Үрнәкне суыту схемасы.

Үрнәкнең торецын, атмосферасы тикшерелеп торылмый торган мичтә җылытканда, оксидлашудан һәм углеродсызланудан саклыйлар. Моның өчен, үрнәкне корыч цилиндр стаканга торецы белән графит яки күмер өскуймага урнаштыралар һәм капкач белән ябалар. Җылыту температурасы, кагыйдә буларак, Ac_1 һәм Ac_3 нокталарыннан, корычтагы углерод микъдарына бәйле рәвештә, 30–50^{0}C ка югарырак, җылыту вакыты – 30–50 мин, бу температурада тоту вакыты – 30 мин.

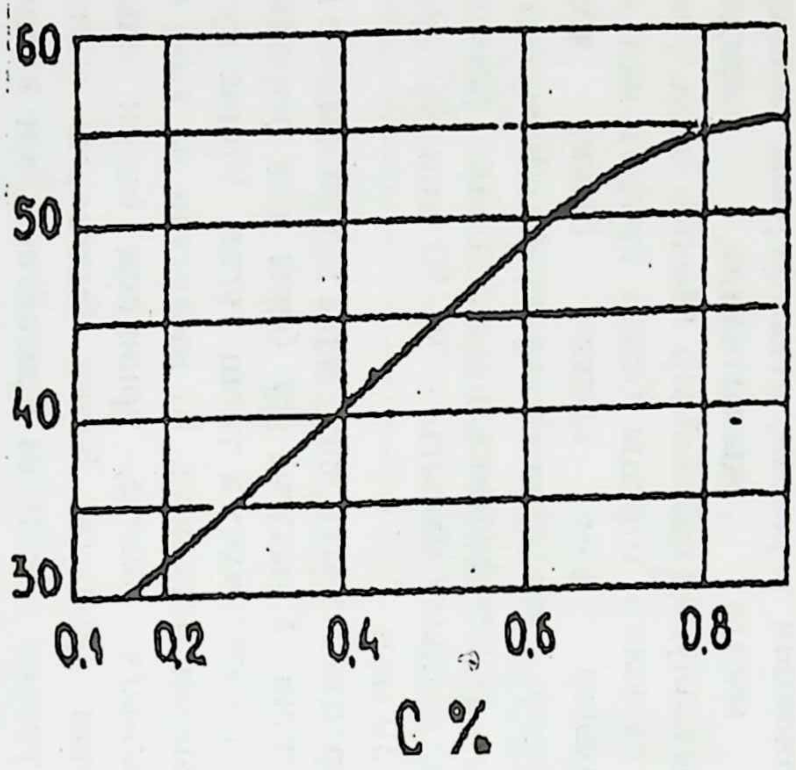
Торецтан суыту шартлары 9.5 рәсемдәге нормаларга туры килергә тиеш. Суытучы су бары тик торецка гына тия, ул цилиндр өслекне юарга тиеш түгел. Үрнәк су агымы астында тәмам суынып беткәнче, 10 минуттан да ким тормаска тиеш. , Үтәли чыныгу сәләте, үрнәкнең бөтен озынлыгы буйлап, катылыкның зурлыгы белән билгеләнә (катылык су белән суытыла торган торецтан ерагайган саен кими). Моның өчен, 0,5–0,1 мм тирәнлеккә диаметраль капма–каршы ике мәйданчык ясыйлар. Ике яклап катылык үлчәүне Роквелл приборында, торецтан 1,5 мм ераклыктан башлап, һәр 1,5 мм саен башкаралар. Катылык даими санга җиткәч, үлчәүне туктаталар. Торецтан бер үк ераклыктагы һәр пар нокта өчен катылыкның уртача зурлыгын исәплиләр, һәм, үрнәк озынлыгы буйлап, катылык үзгәрү графигын төзиләр (9.6 рәсем).

Бу график буенча, характеристик тирәнлекне ягъни торецтан ярыммартенситлы структурага кадәрге ераклыкны билгелиләр. Ярыммартенситлы зонаның катылыгын 9.7 рәсемдәге кәкре буенча табалар.

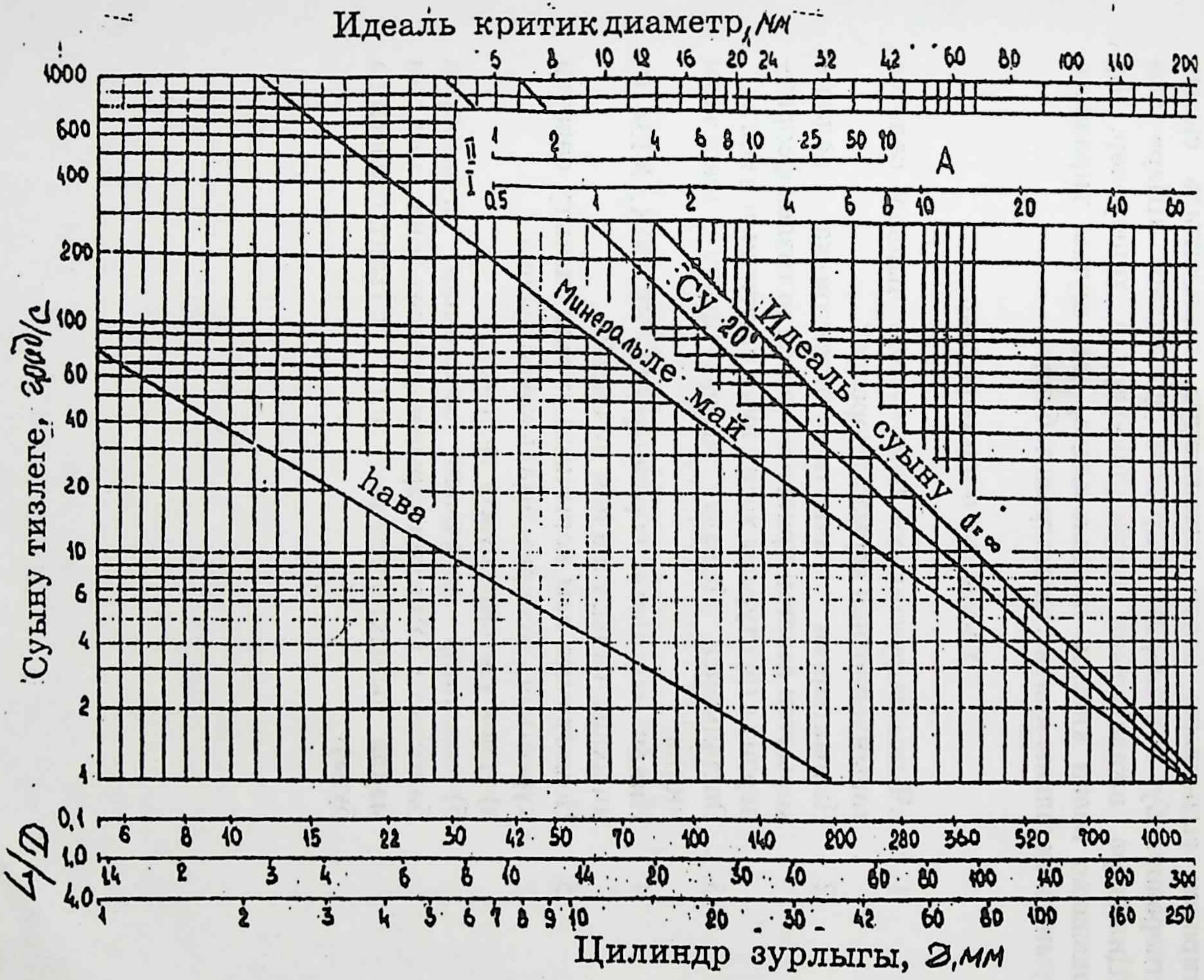
Төрле формадагы һәм үлчәмдәге, төрле тирәнлекләрдә суынуырга тиешле детальләрнең үтәли чыныктырылган критик диаметрларын М.А.Блантер номограммасы буенча табалар (9.8 рәсем). Моның өчен характеристик тирәнлеккә туры килгән А ноктасыннан, «идеаль суыту» сызыгы белән кисешкәнче, перпендикуляр үткәрәләр. Бу ноктадан сулга таба, кирәкле



Рәсем 9.6. Катылыкның үрнәк озынлыгы буйлап үзгәрүе.



Рәсем 9.7. Ярыммартенситлы зонаның углерод күләменә бәйле катылыгы.



Рәсем 9.8. М.А.Блантер номограммасы.

тирәлек сызыклары белән кисешкәнче, горизонталь сызык үткәрәләр. Бу нокталардан бирелгән үлчәмдәге «Шар» яки «Цилиндр» шкалаларына перпендикулярлар төшерәләр. Бу шкалалар белән кисешү нокталарында, һәм шушы тирәлектә суынган детальны критик диаметрын табалар.

Үз-үзеңне өчен сораулар

1. «Чыныктыручанлык» һәм «үтәли чыныгу сәләте» төшенчәләренең аермасы нәрсәдә?
2. Чыныктырган вакытта эвтектоидка кадәрге корычтан ясалган үрнәкнең үзәгендә тизлек феррит–перлит структурасы хасил булу шартларын язарга.
3. Эшләнмәнең һавада чыныктырылу шартлары нинди?
4. Нинди маркадагы корычлар (45, У8, 40Х, Х13410) иң яхшы чыныгучан һәм ни өчен?
5. Номограмма һәм корычның үтәли чыныгу сәләтен күрсәткән, эксперименталь кәкре буенча:
   а) үрнәк үзәгендә суыту тизлеген;
   б) цилиндр детальнең максималь үлчәмнәрен билгеләгез. (Үзәгендә ярыммартенсит зона, суда һәм майда чыныктырганда – 0,1:1 чагыштырмасында була).

ТӨСЛЕ МЕТАЛЛАРНЫҢ ҺӘМ ЭРЕТМӘЛӘРНЕҢ МИКРОСТРУКТУРАСЫ

10 эш

<u>Эшнең максаты:</u> төсле металлар һәм эретмәләрнең микроструктурасын, үзлекләрен маркаларын өйрәнү.

<u>Бирем:</u> 1) бакыр, алюминий, аккургаш нигезендәге эретмәләрнең классификациясен һәм маркировка принцибын карап тикшерү;

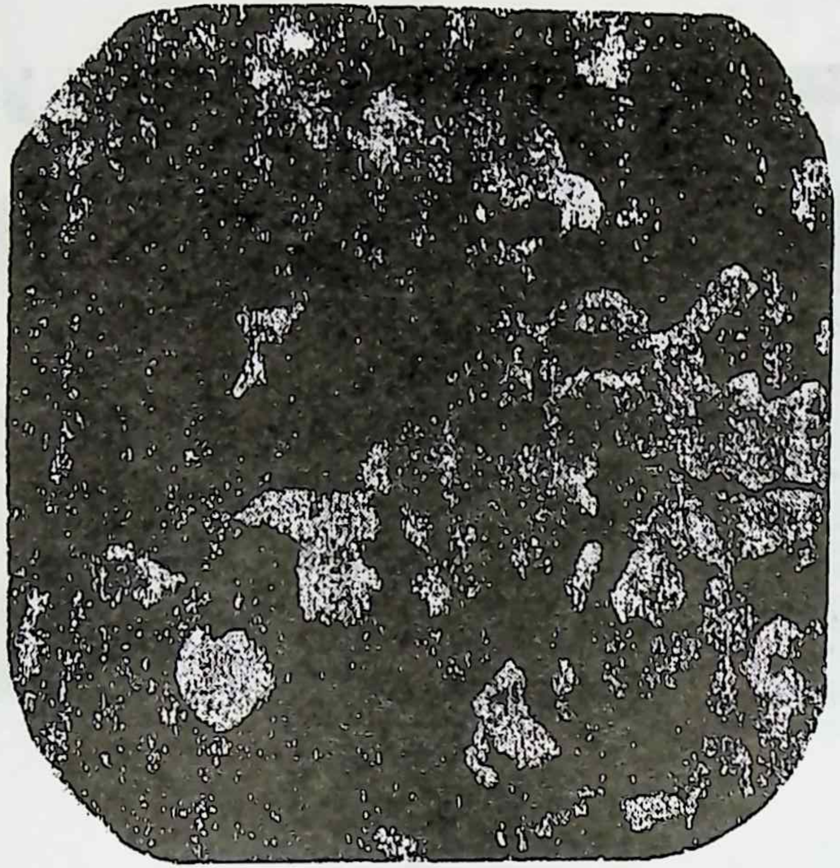
2) бирелгән үрнәкләрнең микроструктураларын рәсемдә сурәтләргә (структур составын тәшкил үткән өлешне күрсәтергә һәм анализ ясарга; аларның составын һәм маркасын күрсәтергә).

Бакыр һәм аның эретмәләре
Бакыр структурасы һәм кайбер үзлекләре

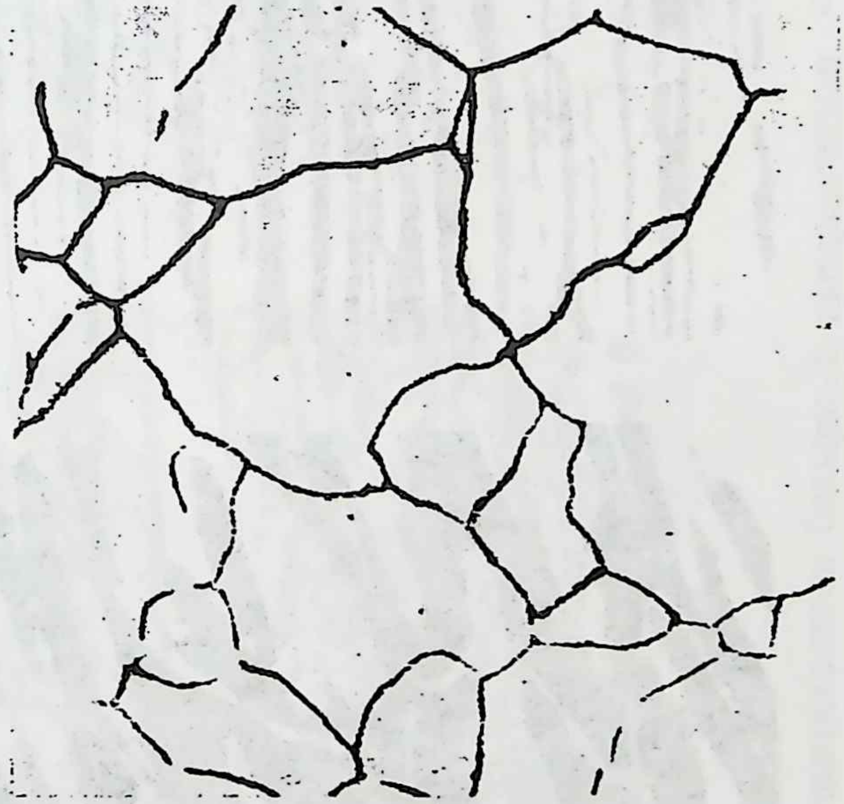
Бакыр күп кенә механик, электрик һәм тутыгуга каршы торучан үзлекләргә ия. Бакырның әһәмиятле сыйфаты – кайнар һәм салкын хәлдә дә югары пластиклыкка ия булуы, шул сәбәпләр, аңардан деформацияләнгән әйберләр ясарга мөмкинлек бирә.

Бакыр – кыры үзәкләшкән кубик рәшәткәле металл. Бакыр коелмасы (слиток) баганасыман кристаллардан тора (10.1 рәсем). Коелманың макроструктурасы 10.2 рәсемдә бирелә. Коелган бакырның микроструктурасы 10.3 рәсемдә күрсәтелә. Деформация бөртекләрне ваклый яки аларның ориентациясен үзгәртә, бакыр җепселле структуралы булып кала (10.4 рәсем). Деформацияләнгән бакырны яндырганда, рекристаллизация процессы бара һәм бакыр специфик структурага ия була (10.5 рәсем).

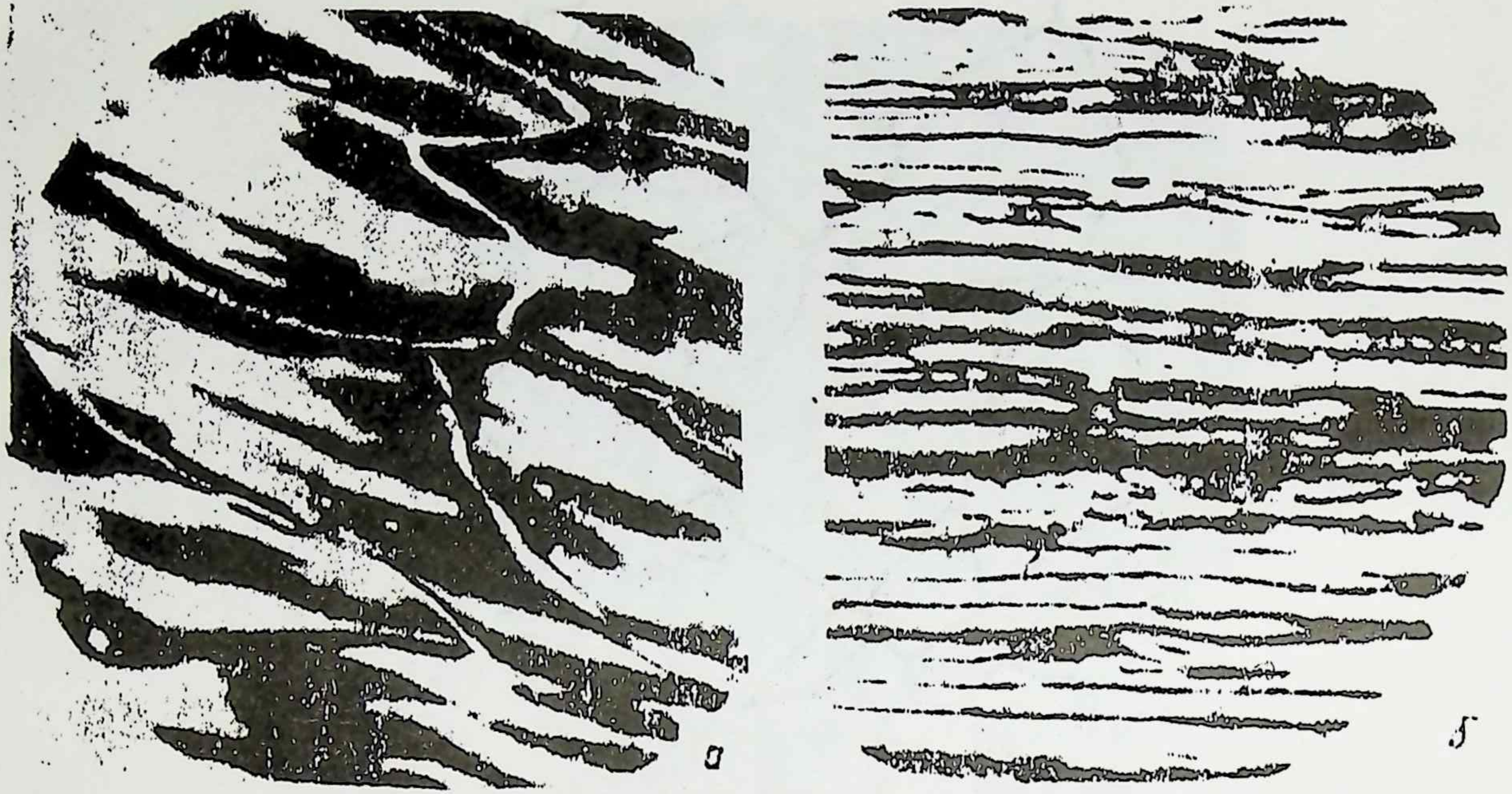
Рәсем 10.1. Ярымөзлексез ысул белән коелган бакыр коелмасының макроструктурасы. Концентрацияле HNO_3 белән химик эшкәртү.



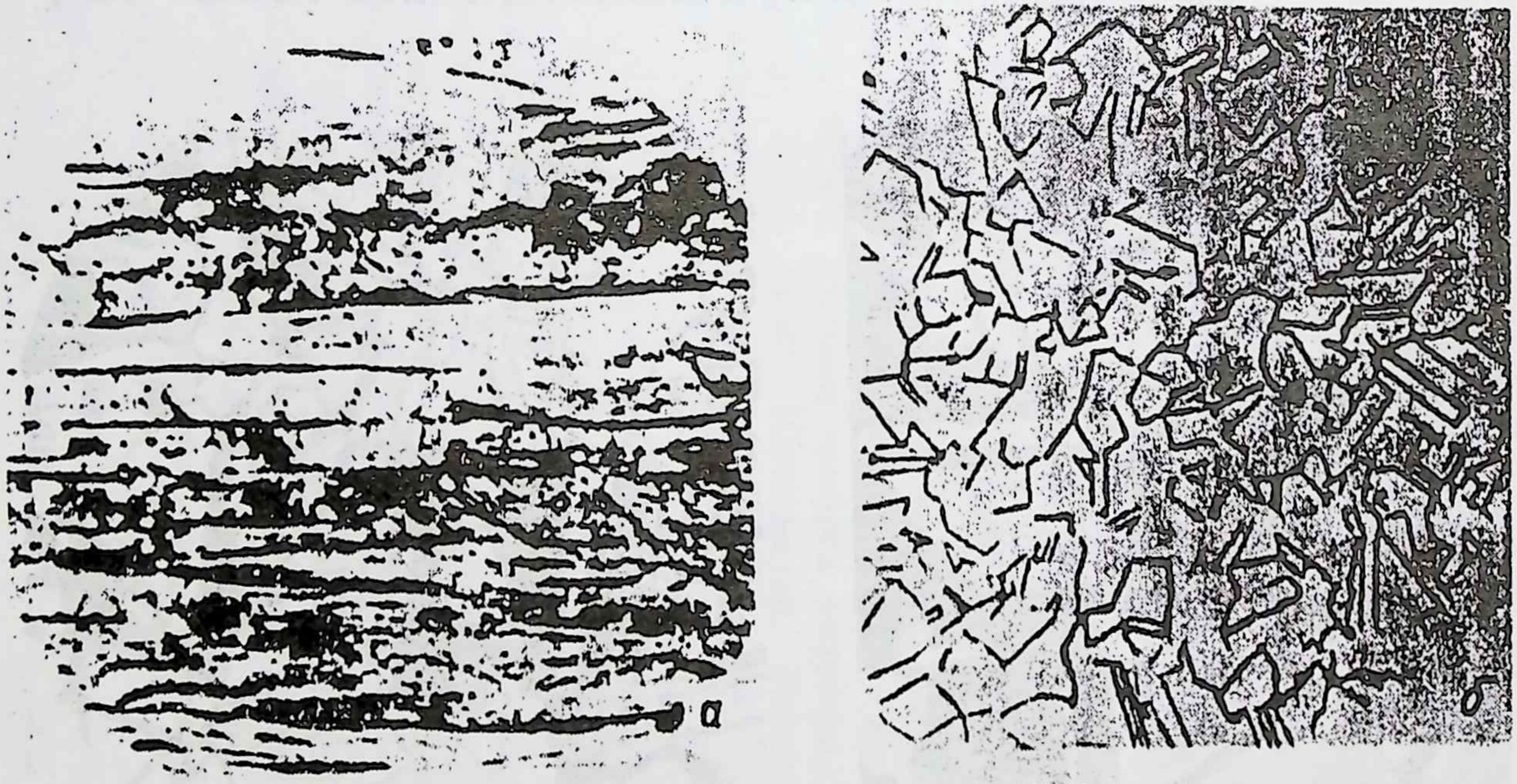
Рәсем 10.2. Электрон–нурлы мичтә эретелгән чиста бакыр коелмасының макроструктурасы, x 0,1.



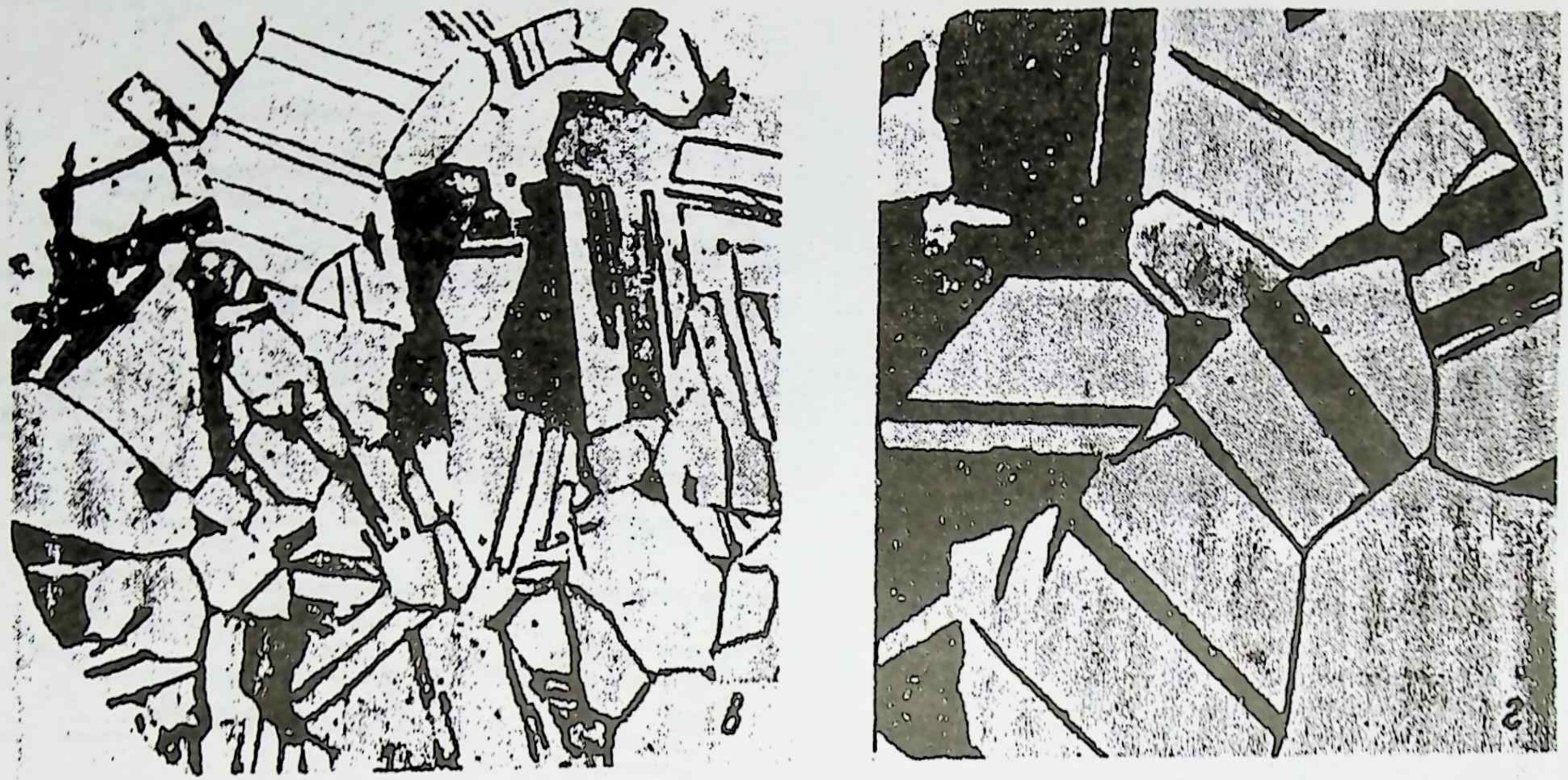
Рәсем 10.3. Коелма бакыр микроструктурасы, x 100.



Рәсем 10.4. Деформацияләнгән бакыр микроструктурасы, х 200; а – деформация дәрәҗәсе 20%, *б* – д.д. 80%.



Рәсем 10.5. Деформацияләнгән бакырның кыздырганнан соң микроструктурасы, x200; а) 270^{0}C та кыздыру. Тулы булмаган рекристаллизация; *б*) 450^{0}C та кыздыру.



Тулы рекристаллизация; пар төзелешле бөртекләр; *в*) 600^{0}С та яндыру (бөртекләр зураерга мөмкин); *г*) 100^{0}С та кыздыру. Бөртекләр бик нык эреләнә.

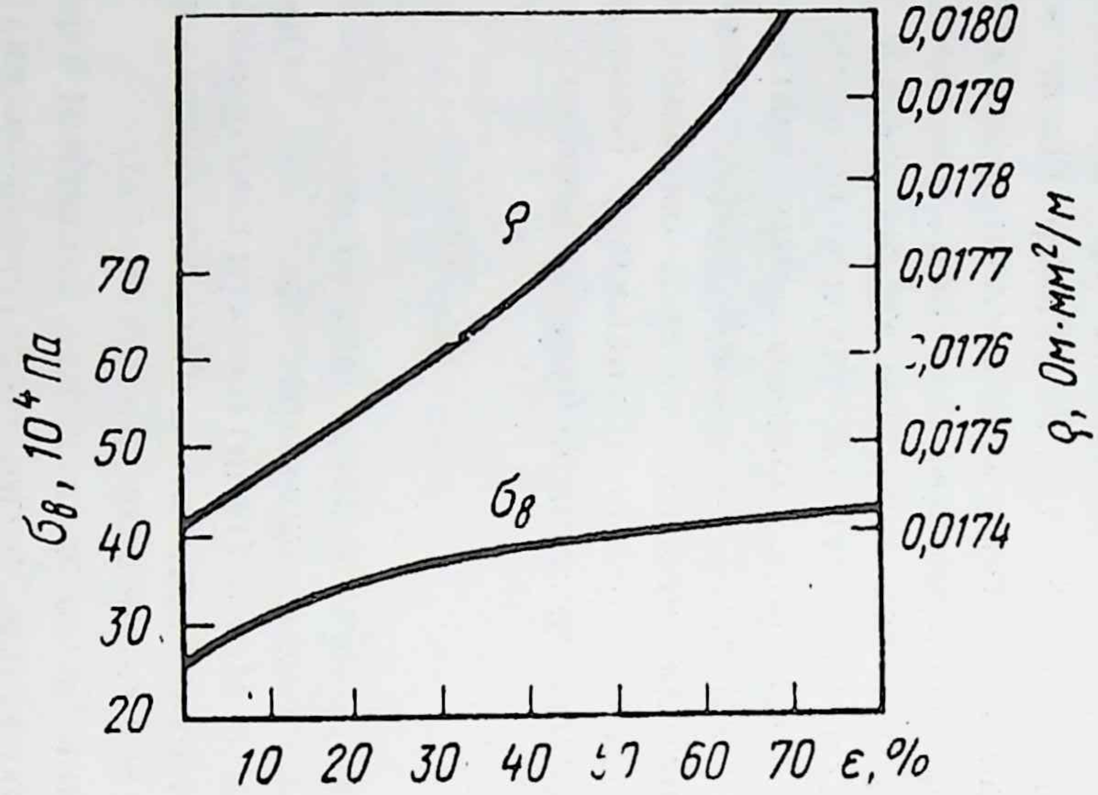
Бакырның физик үзлекләре деформация дәрәҗәсенә, яндыру температурасына бәйле (10.6 рәсем). Бакыр үзлекләренә катышмалар да йогынты ясый. Аларның кайберләре бик аз микъдарда да (0,01–0,001% ат.) электр үткәрүчәнлекне һәм җылылык үткәрүчәнлекне кискен киметә. Кайбер элементлар бакырда яхшы эрүчән (Au, Ni, Zn, Al, Fe, Sn, Cd); икенчеләре анда бөтенләй диярлек эреми һәм җиңел коелучан эвтектикалар хасил итә (Pb, Bi), өченчеләре уалучан химик кушылмалар барлыкка китерә (S, O, P). Бакыр белән җиңел коелучан эвтектикалар яки химик кушылмалар хасил итүче катышмалар пластик деформацияне киметә. Дөрес, кислород һәм күкертнең бик аз катышмалары бакырны югары температураларда басым белән эшкәртүгә бөтенләй диярлек йогынты ясамый. Ләкин бакырдагы кислород, эшләнмәләрне кайтарма атмосферада эксплуатацияләгәндә, су хасил итәргә мөмкин; бу суның парлары, металл эченнән чыгарга омтылып, аны җимерәләр (ярыклар хасил була). Шунлыктан, бакырда кислородның микъдари үлчәме чикләнгән булырга мөмкин.

Җиз

Бакыр эретмәләре арасыннан иң киң кулланыла торганнары – бакыр–цинк эретмәсе – җиз, анарда цинк 47–50% ка кадәр җитә. Икеле (гади) һәм күп компонентлы (легирланган) җизләрне аерып йөртәләр. Сәнәгатьтә кулланыла торган кайбер җизләрнең маркалары таблицада бирелә.

Цинк белән эретелгәндә, бакырның 6 фазасы (α, β, γ, δ, ε, η) барлыкка килә, ләкин икесе генә икеле җиз булып санала:

– составында 38–39% цинк булган бакыр нигезле α – каты эремә (кыры үзәкләшкән куб);



Рәсем 10.6. Бакырның механик үзлекләре һәм чагыштырма электр каршылыгы үзгәрүнең салкын пластик деформация дәрәҗәсенә бәйлелеге.

– составында цинк 45–49% чикләрендә булган β – каты эремә (күләме үзәкләшкән куб) һәм α белән β фазалардан торган эретмәләр.

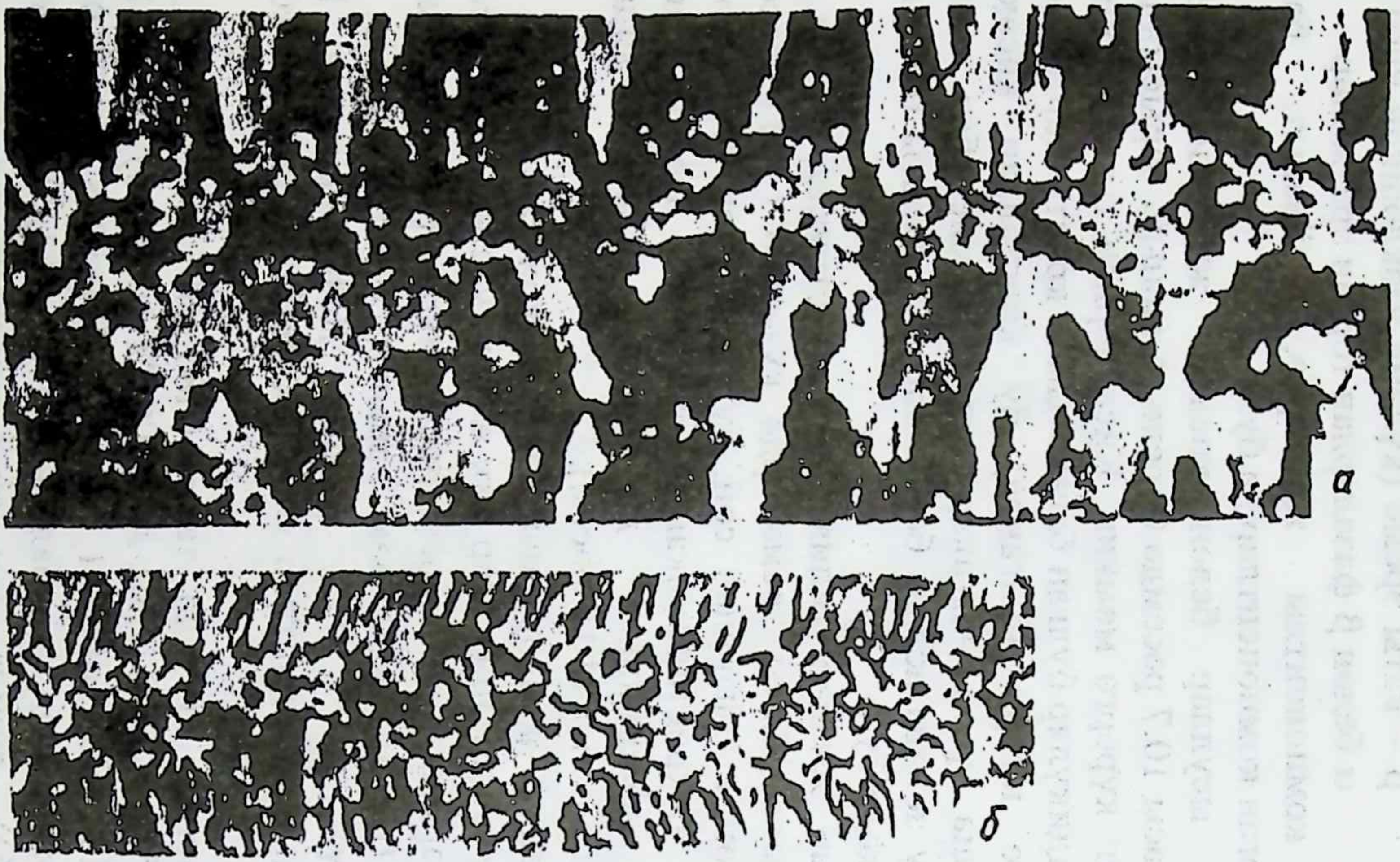
Күп компонентлы җизләрдә, кайвакыт, башка фазалардан торган компонентлар да була.

Төрле ысуллар белән коелган җиз кисәкләренең макроструктурасы 10.7 рәсемдә бирелә. Аларның барысында да зоналы төзелеш күрергә мөмкин. Кисәкләрнең тышкы зонасы, өслеккә перпендикуляр булган баганасыман кристаллардан тора. Суыту тизлеге югары булганда, бу кристаллар кисәкнең калынлыгы аша үсеп чыгалар һәм билгеле бер зонада очрашалар. Бу зонада аерым бөртекләр арасындагы бәйләнеш иң түбән дәрәҗәдә була.

Коелган җизләр типик дендрит структурага ия, бу структура, гадәттә, каты эремәләрдә күзәтелә (10.8 рәсем). Деформация һәм кыздырудан соң, бу җизләрнең структурасы пар бөртекле рекристаллашкан структурага әверелә, аның үлчәмнәре деформация дәрәҗәсенә һәм яндыру температурасына бәйле (10.9 рәсем).

Коелган β–җизләр шактый эре кристаллитларга ия, химик эшкәртү вакытында алар бик яхшы күренә (10.10 рәсем). α һәм β фазалардан торган җизләрнең микроструктураларында α–фазага хас булган якты һәм карангы участоклар һәм β–участоклар күзәтелә (10.11 рәсем). Деформациядән һәм яндырудан соң, кристаллитлар тигезлек формасына керә (10.12 рәсем).

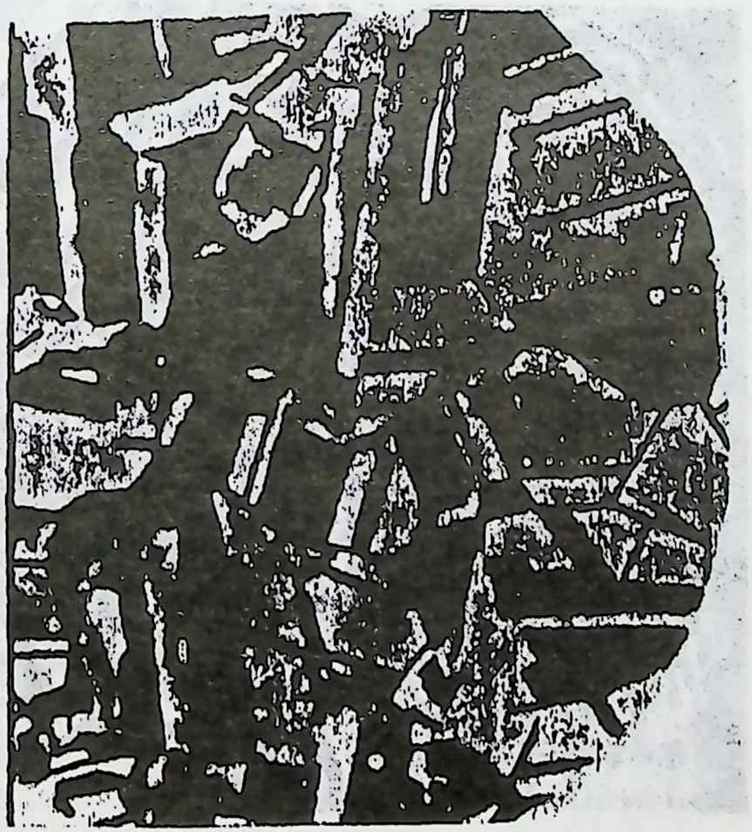
Җизләрдән, нигездә, тасма (Л80, Л85, Л80, Л68, Л63 (ГОСТ 2208–75)), чыбык (Л80, Л63 (ГОСТ 1066–80)), табак һәм полоса (Л90, Л85, Л68, Л062–1, ЛС59–1, ЛМц58–5 (ГОСТ 931–78)), җылылык алмашу трубалары (Л68, Л63, Л60, ЛС59–1 (ГОСТ 497–76)), дингез яки елга суларын суытуда өчен кулланыла торган көч җайланмаларын эшләп чыгаралар.



Рәсем 10.7. Л68 маркалы җизнең сәнәгатьтәге кисәкләре микроструктурасы:

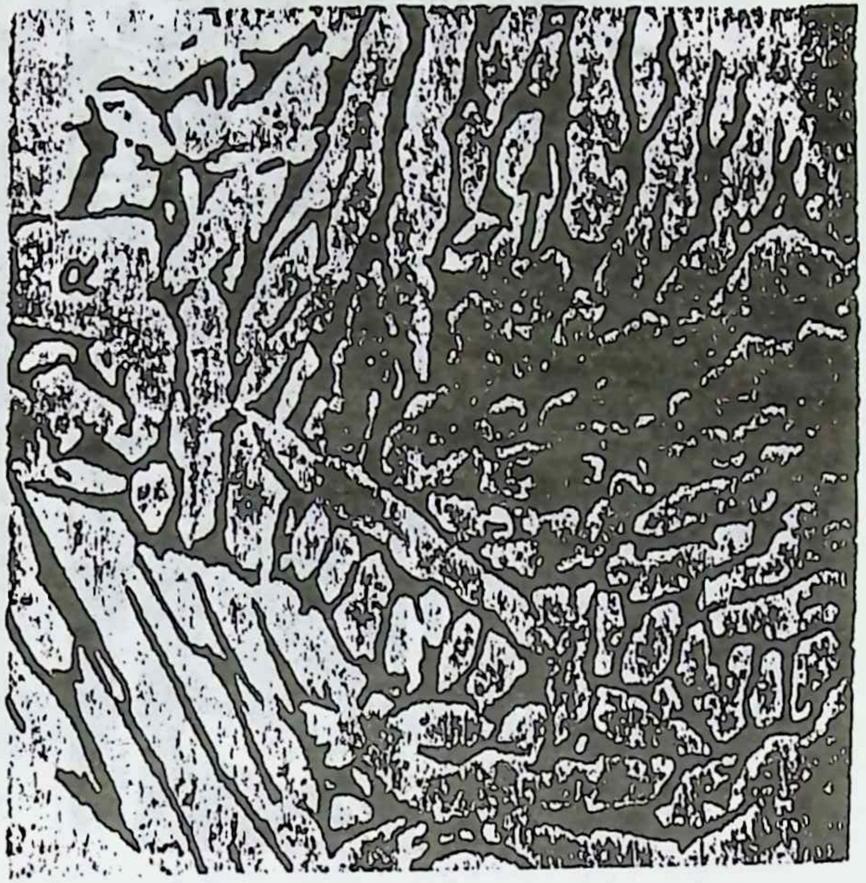
а) яссы кисәкнең аркылы кисем, x I/3; б) түгәрәк кисәкнең буй кисеме, x 0,1.

Рәсем 10.8. Коелган α – җизнең (30% лы Zn x 250 белән) микроструктурасы.

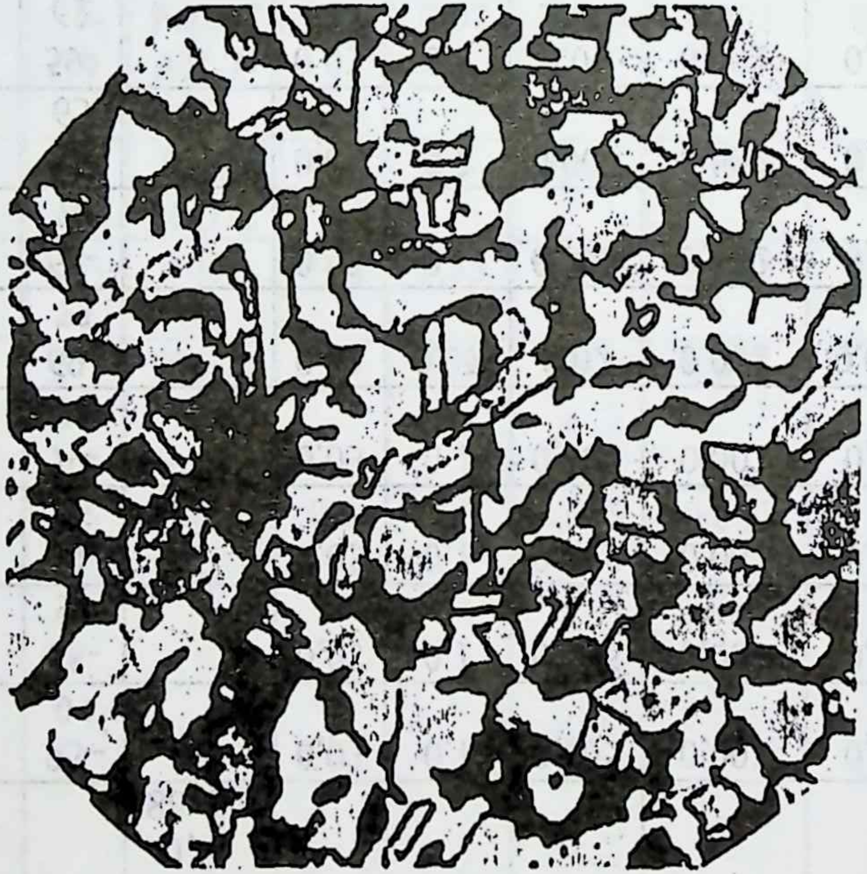


Рәсем 10.9. Яндырылган α – җизнең микроструктурасы, x 75.

Рәсем 10.10. Деформацияләнгән, аннан соң яндырылган – җизнең (47%Zn белән) микроструктурасы, x 100.



Рәсем 10.11. Коелган (α+β) җизнең микроструктурасы (40% Zn белән).



Рәсем 10.12. Деформация һәм яндырудан соңгы (($\alpha+\beta$) – җиз микроструктурасы.

1 таблица

ГОСТ 15527–70 буенча сәнәгатьтәге кайбер җиз маркаларының химик составы

Эретмә	Маркасы	Төп элемент		катышма артык түгел						
		Cu	Pb, Fe, Mn, Al, Sn, Ni	Pb	Fe	Sb	Bi	P	Sn, S,, As	Барысы- -------
Томпак	Л96	95–97		0,03	0,1	0,005	0,002	0,01		0,2
Томпак	Л90	88-91		0,03	0,1	0,005	0,002	0,01		0,2
Ярымтомпак	Л85	84-86		0,03	0,1	0,005	0,002	0,01		0,3
Ярымтомпак	Л80	79-85		0,03	0,1	0,005	0,002	0,01		0,3
Җиз	Л70	69-72		0,03	0,07	0,02	0,002	0,005		0,2
Җиз	Л68	67-70		0,03	0,1	0,005	0,002	0,01		0,3
Җиз	Л63	62-65		0,07	0,2	0,005	0,002	0,01		0,5--
Җиз	Л60	59-62		0,03	0,2	0,01	0,002	0,01		1

Al-Жиз	ЛА77–2	76-79	Fe0,07 Al1,7-2,5	0,07	0,07	0,005	0,002	0,01		0,3
Mn-Жиз	ЛМц–58–2	57-60	Fe0,5 Mn1-2	0,1	0,5	0,005	0,002	0,01		1,2
Ni-Жиз	ЛН–65–5	64-67	Ni5-6,5	0,03	0,15	0,005	0,002	0,01		0,3
Pb–Жиз	ЛС59–1	57-60	Pb0,8-1,9 Sn0,3	-	0,5	0,01	0,003	-	Sn0,3	0,75
Sn–жиз	ЛО62–1	61-63	Sn0,7-1,1	0,1	0,1	0,005	0,002	-		0,3

Бронзалар

Бронза атамасы, нигездә, легирлаучы (кушылучы) элементларга бирелә. Иң киң таралганнары – аккургашлы (10% ка кадәр Sn), алюминийлы (9–10%Al), кремнийлы (15%Si), марганецлы (4–8%Mn) һәм башкалар. Аларның тутыгуга каршылыгы, чиста бакырныкына якын диярлек. Ләкин легирлаучы элементка бәйле рәвештә, алар электр, механик, антифрикцион, технологик үзлекләрнең иң киң спектры белән характерлана.

Бакыр белән никель эретмәләре

Бакыр белән никельдән каты эремәләрнең өзлексез рәтен табарга була. 50% тан кимрәк никельле эретмәләрне бакыр эретмәләре дип йөртәләр, алар арасыннан иң киң таралганнары – коррозиягә бирешмәүчән эретмәләр: мельхиор (20–30%Ni), нейзильбер (15–20%Ni) һәм куниаль (1,5–15%Ni). Алар диңгез машиналары төзелешендә кулланыла. Алардан медицина инструментлары, йорт кирәк–яраклары һ.б. эшләнә.

Алюминий һәм аның эретмәләре

Алюминий эретмәләре, басым ярдәмендә яки термик эшкәртү төренә карап, төрле халәтләрдә кулланыла. Беренчесе, деформацияләнә торган эретмәләр; икенчесе, деформацияләнә һәм коела торган эретмәләр. Халәт билгеләнеше өчен, хәрефле–цифрлы билгеләү кулланыла: ГК – кайнар, тәгәрәтеп; Пр – прессланган; М – яндырылган; Н1 – чирек көйдерелгән; Н2 – ярым көйдерелгән; Н3 – дүрттән өче көйдерелгән; Н – көйдерелгән; Т – чыныктырылган һәм табигый искергән; ТН – чыныктырганнан соң искергән; Т1 – чыныктырылган һәм максималь ныклык булсын өчен ясалма искергән; Т2, Т3 –

чыныктырылган һәм ясалма картайтылган, бу очракта картайту режимы, Т1 режимы, белән чагыштырганда, ныклыкның кимүенә китерә, шулай да җимерелү үзлеген һәм коррозиягә каршылыкны үстерә.

Эретеп коелган эретмәләрнең халәтен билгеләү (ГОСТ 2685–75): Т1 – чыныктырылмыйча ясалма искергән; Т2 – яндырылган; Т4 – чыныктырылган һәм табигый искергән; Т5 – чыныктырылган һәм тулысынча искергән; Т6 – чыныктырылган һәм тулысынча искергән; Т7 – чыныктырылган һәм стабильләшкән; Т8 – чыныктырылган һәм искергән.

Эретмәне халәтеннән тыш, үрнәкне деформация юнәлешенә (прокат, пресслау), әзерләнмәдәге характерлы юнәлешләргә (коелма, штамповка) һәм чисталылыгына карап түбәндәгеләргә бүләләр:

Тәгәрәтелгән һәм прессланган ярымфабрикатлардан алынган киселмә юнәлешләре:

Д – буйга (деформация юнәлеше буенча);

П – аркылы (ярымфабрикат киңлеге буенча);

В – биеклеккә.

Чүкелмә, штамповка, коелмалардан алынган киселмә юнәлешләре:

Р – радиаль;

Х – хорда буенча;

В – биеклеккә.

Плакирлауның билгеләнүе:

А – нормаль калынлыктагы;

У – калыйнайтылган;

Б – технологик.

Катнашмалары буенча чисталык:

ч – чиста;

ю.ч. – югары чисталык;

б.ч. – бик чиста.

Деформацияләнә торган эретмәләр

Алюминийга нигезләнгән конструкцион материаллар составы ягыннан түбәндәгеләргә бүленә:

1) техник алюминий;
2) түбән ныклыклы эретмәләр;
3) урта ныклыклы эретмәләр;
4) югары ныклыклы эретмәләр.

Беренче группага АДО, АД1 маркалы эретмәләр (химик составы ГОСТ 4784–74 буенча) керә. АД1 да катышмалар АДО дан беркадәр күбрәк һәм ныклыгы да югарырак, ләкин алюминий эретмәләренең ныклыгы, ярымфабрикатның төренә бәйле булганлыктан, бу ике техник алюминийның да механик үзлекләрен бертөрле дип алалар (2 таблица).

Техник алюминийның һәм түбән ныклыклы эретмәләрнең ныклыгын арттыруда төп юл булып – деформация, югары ныклыклы эретмәләр өчен – термик эшкәртү санала.

Коелган эретмәләр

Коелган эретмәләр, аерым таләпләр буенча, түбәндәге классларга бүленә:

1) герметиклык;
2) эретеп ябыштыру сәләте;
3) коррозиягә каршы торучанлык;
4) җылылыкка тотрыклылык.

Механик үзлекләренең гомумиләштерелгән характеристикасы уңайрак булганлыктан, бу эретмәләрне билгеле бер легирлау системалары буенча бүләләр.

Бу очракта, түбән ныклыклы эретмәләргә Al-Si системасы эретмәләре керә; уртача ныклыклы эретмәләр

берничә система нигезендә барлыкка килгән: Al-Si-Mg; Al-Si-Mg-Cu; Al-Mg; Al-Zn-Si.

Югары ныклыклы коелма эретмәләр түбәндәге системаларга нигезләнә: Al-Mg; Al-Cu; Al-Zn-Mg.

Уртача һәм югары ныклыклы эретмәләр термик эшкәртү юлы белән табыла: Al-Mg системасы өчен – чыныктыру (Т4 халәте); калган системаларның эретмәләре өчен – чыныктыру һәм ясалма картайту (Т5 һәм Т6 режимнары буенча). Коелган эретмәләрне термик эшкәртү вакытында, механик үзлекләре (ныклык) үзгәрүнең закончалыклары шул ук системаларның деформацияләнә торган эретмәләренекенә охшаган.

2 таблица

Сузылу деформациясендә АД1, АДО техник алюминийның механик үзлеге

Характеристика	Чүкелмәгән табак (ГОСТ21631–76)							Чыбык (ГОСТ 21488–76)
калынлыгы, мм	0,3–0,5	0,5–0,9	0,9–10,5	0,3–0,8	0,8–3,5	3,5–10,5	5–10,5	
халәте	М(П)			Н(П)			ГК(П)	Пр(Д)
σ_B, МПа	60	60	60	150	150	130	70–15	60–120
σ_{10}, %	20	25	28	3	4	5		25

ЛЕГИРЛАНГАН КОРЫЧНЫҢ МИКРОСТРУКТУРАСЫН АНАЛИЗЛАУ

11 эш

Эшнең максаты:

- нормальләшкән халәттә һәм чыныктырып кайтарганнан соң, легирланган һәм конструкцион корычларның микроструктурасын өйрәнү;
- термик эшкәртүнең легирланган корычның механик үзлекләренә тәэсирен өйрәнү.

Бирем:

1) 40ХА, 37ХН3А, 40ХГТ яки 30ХГСА маркалы легирланган конструкцион корыч микроструктурасын нормальләшкән һәм термик эшкәртелгән халәттә өйрәнү һәм рәсемен ясау. Тикшерелә торган корычның структурасы буенча кайсы класска керүен күрсәтергә;
2) ХГ, ХВГ, 9ХС яки ХВ5 маркалы легирланган инструменталь корычлар микроструктурасының нормальләшкән һәм термик эшкәртелгән халәттәге рәсемнәрен ясарга;
3) Р9 яки Р18 тиз кисә торган корычның чыныктыру һәм кайтаруны нормальләштергәннән соң, микроструктурасының рәсемнәрен ясарга.

Корычка катышкан легирлаучы элементлар тимер аллотропиясенә, карбид барлыкка килүгә, критик нокталарга, аустенитның таркалуына һәм мартенситлы әверелүгә төрлечә тәэсир итәләр.

Легирлаучы элементлар, критик нокталарга, суыткандагы аустенит әверелешенә һәм мартенсит ноктасына тәэсир итеп, хәтта акрын суыту шартларында да, ферриттан алып аустенитка кадәр төрле структуралар алырга мөмкинлек бирәләр. Шуңа күрә, легирланган корычлар классларга яндырылган һәм нормальләшкән халәттә структур билгеләре буенча бүленәләр.

Яндырылган халәттә, легирланган корычның структурасын турыдан–туры халәт диаграммалары буенча билгеләргә мөмкин. Икенче очракта, легирланган корыч структурасын 900^0С температурада нормальләштергәннән соң билгелиләр. Әлеге классификация буенча, корычлар перлитлы, мартенситлы, аустенитлы, карбидлы һәм ферритлы классларга бүленә.

Перлитлы класска аз санлы легирлаучы элементлы һәм эвтектоид типтагы структурага ия булган корычлар керә: перлит, сорбит яки троостит, феррит яки икенчел карбид да булырга мөмкин. Бу группага 40Х, 40ХН, 30ХГСА, 40ХГТ, Х, 9ХС һ.б. корычлар керә.

Мартенситлы класска легирлаучы элементлары күбрәк булган, мартенсит структуралы корычлар керә. Бу класска тагын составында 0,3–0,4% ка кадәр углерод булган хром–никельле һәм хром–никель–вольфрамлы корычлар керә, мәсәлән, 18Х2Н4ВА, 25ХН4ВА һ.б. Башка составтагы корычлар, артык уалучан булганга, машина төзелешендә кулланылмый.

Аустенитлы класска Ni, Mn, Cr һәм Ti кебек легирлаучы элементлары булган корычлар керә. Корыч структурасында аустенит һәм аз күләмдә карбидлар була. Бу класска керүче корычлар җылыга чыдам һәм тутыгуга бирешми. $1000–1100^0$С температурада чыныктырылганнан соң, корыч составындагы карбидлар каты эремәгә күчә, нәтиҗәдә коррозиягә каршылык арта һәм пластиклык үсә. Бу группага Х18Н9, Х18Н9Т һ.б.корычлар керә.

Карбидлы класска X12M, P9, P18 һ.б. корычлар керә, аларда углерод һәм карбид хасил итүче Cr, W, V һ б. элементлар зур микъдарда. Бу класс өчен карбидларның күп булуы хас, ә төп фонның структурасы, составына һәм аустенитлы булырга мөмкин. Бу корычлар югары катылыклары һәм тузуга чыдам булулары белән аерылып торалар; кискеч инструментлары һәм штамплар хәзерләү өчен кулланылалар.

Ферритлы класска күп сандагы легирлаучы элементлар һәм углерод микъдары аз булган корычлар керә. Бу корычлар коррозиягә каршы торуы булуы белән аерыла (мәсәлән X17).

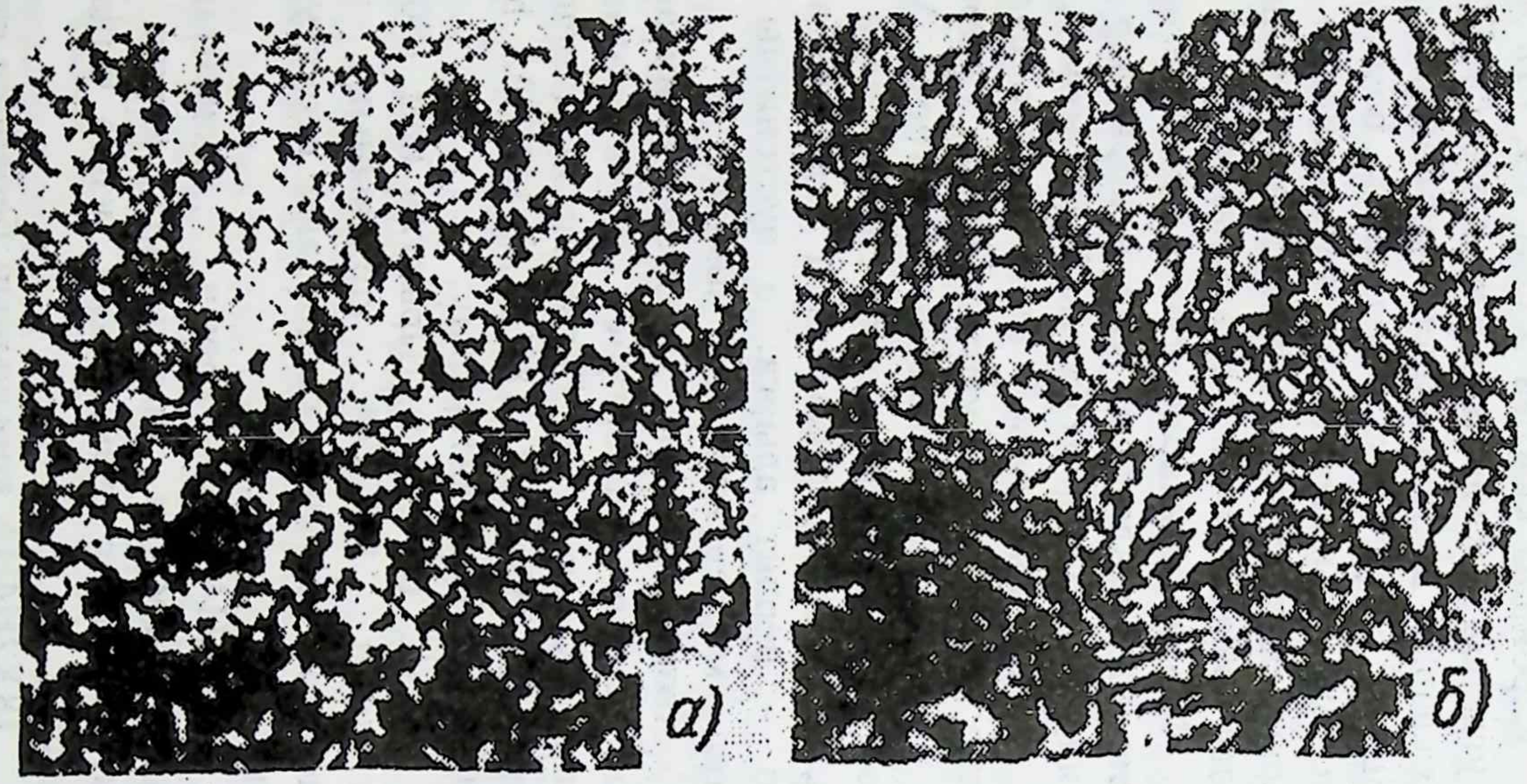
Классларга болай бүлү һавада суытылган корычлар өчен генә характерлы. Суыту тизлеген үзгәртү структураны да, шулай ук корычның классын да үзгәртә. Мәсәлән, перлитлы класска кергән корычны зуррак тизлек белән суытып, мартенсит алырга, мартенсит классындагы корычны азрак тизлек белән суытып – перлит алырга; ә аустенитлы корычны салкын эшкәртеп – мартенсит алырга мөмкин.

Хәзер иң күп таралган легирланган корычларны, аларны термик эшкәртүне, структураларын һәм кайбер үзлекләрен карап үтик. Легирланган цементлы конструкцион корычларны (15X, 20X, 18ХГТА, 12ХН3А һ.б.) чыныктыралар һәм 150^0C та түбән кайтаралар.

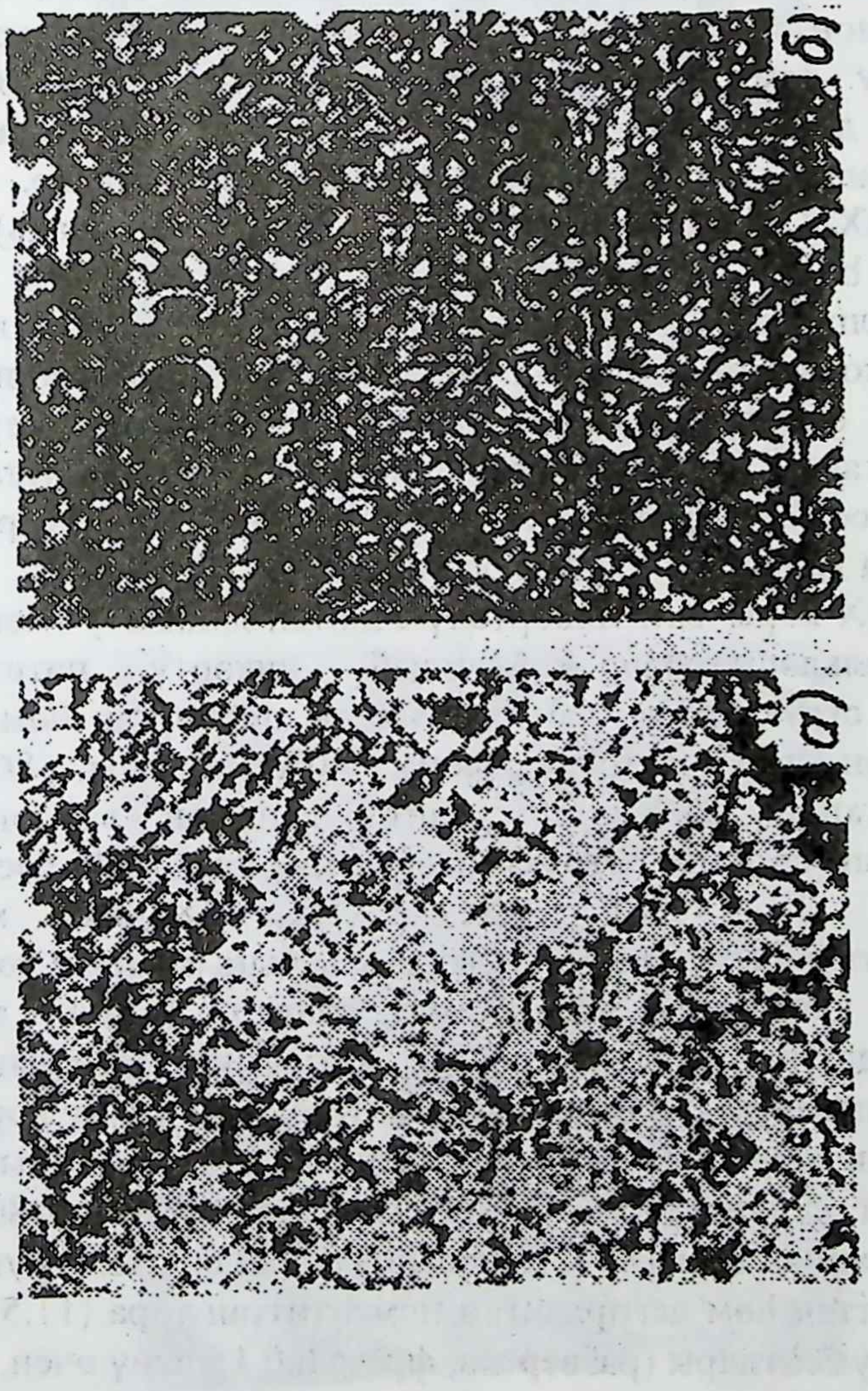
860^0C тан чыныктырылган һәм 150^0C та кайтарылган цементланган 12ХН3А корычының тупас төзелешле мартенситтан торган өске нокталы структурасы 11.1 рәсемдә күрсәтелә.

18Х2Н4ВА корыч цементацияләнгән һәм цементацияләнмәгән (ныклыгына карата югары таләпләр куелган детальләр өчен, ләкин тузуга чыдамлы түгел) килеш кулланыла.

18Х2Н4ВА корычының беренчел структурасы тигезсез таралган углеродлы сорбиттан тора (11.2а рәсем). Чыныктырганнан һәм түбән температурада кайтарганнан соң, бу



Рәсем 11.1. 12ХН3А маркалы корычның структурасы.



Рәсем 11.2. 18Х2Н4ВА маркалы корычның структурасы

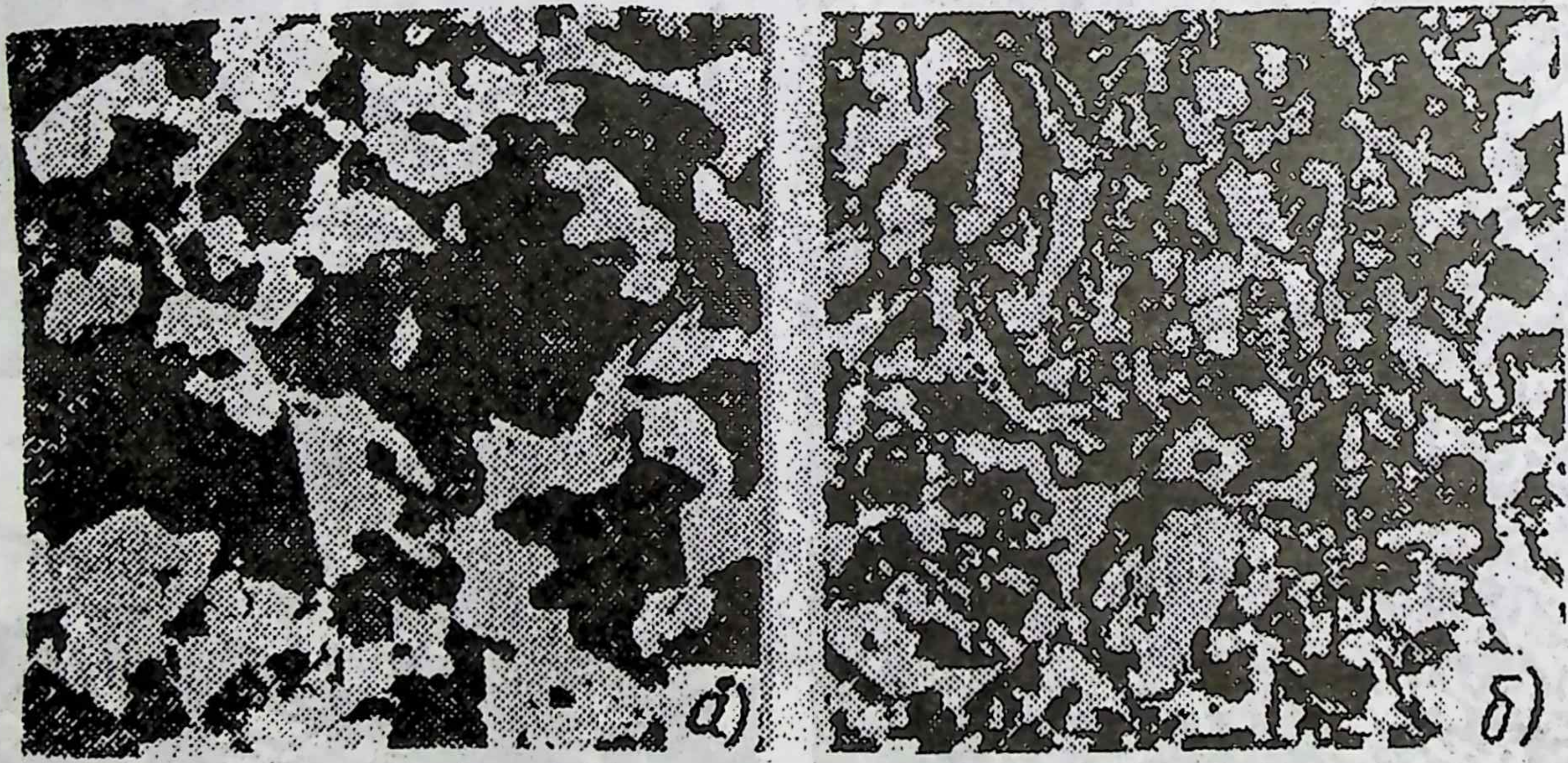
структура аз углеродлы мартенситтан тора (11.2б рәсем). Термик эшкәртүдән соң, бу корыч югары ныклыкка һәм үзлеккә ия була. Мондый үзлекләр эшләнмәнең ышанычлы булуын тәэмин итә.

40Х, 40ХН, 30НХВА, 30ХГСА һәм 40ХГТ маркалы конструкцион легирланган корычларны термик эшкәртәләр – чыныктыру һәм югары кайтару үткәрәләр. Бу – яхшырту процессы дип атала. Кайбер, очракларда бу корычларны яндырылган һәм нормальләшкән килеш тә кулланалар.

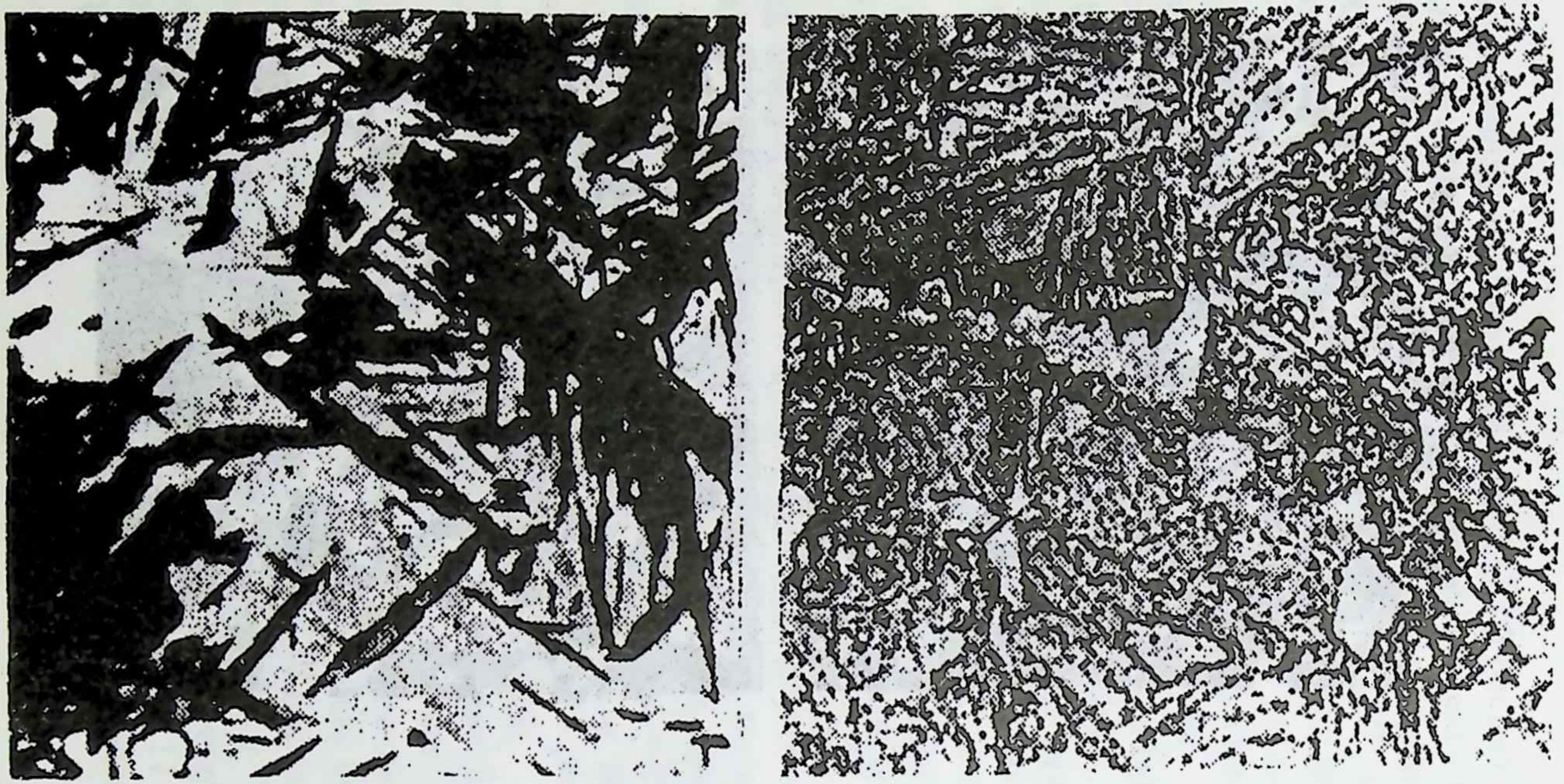
30ХГСА конструкцион корычы (хромонсаль) югары механик һәм технологик үзлекләргә ия һәм эретеп ябыштырылган юка конструкцияләр хәзерләү өчен кулланыла. 30ХГСА корычын яндырып яхшырталар. Яндырганнан соң, структура ферриттан һәм югары дисперсияле перлиттан, яхшыртылгач – мартенситка ориентлашкан сорбиттан тора (11.3б рәсем). Уртача углеродлы башка конструкцияле корычларга да шундый ук структура хас.

40Х корычын, эшкәртелү сәләтен яхшырту өчен, 900^0С та нормальләштерәләр. Мондый эшкәртү нәтиҗәсендә корычның структурасы эре пластиналы перлиттан һәм феррит челтәреннән тора (11.4а рәсем). 40Х корычы, 860^0С та чыныктырганнан һәм югары кайтарудан соң, вак энәсыман кайтарылган мартенсит структурасына ия була (11.4б рәсем).

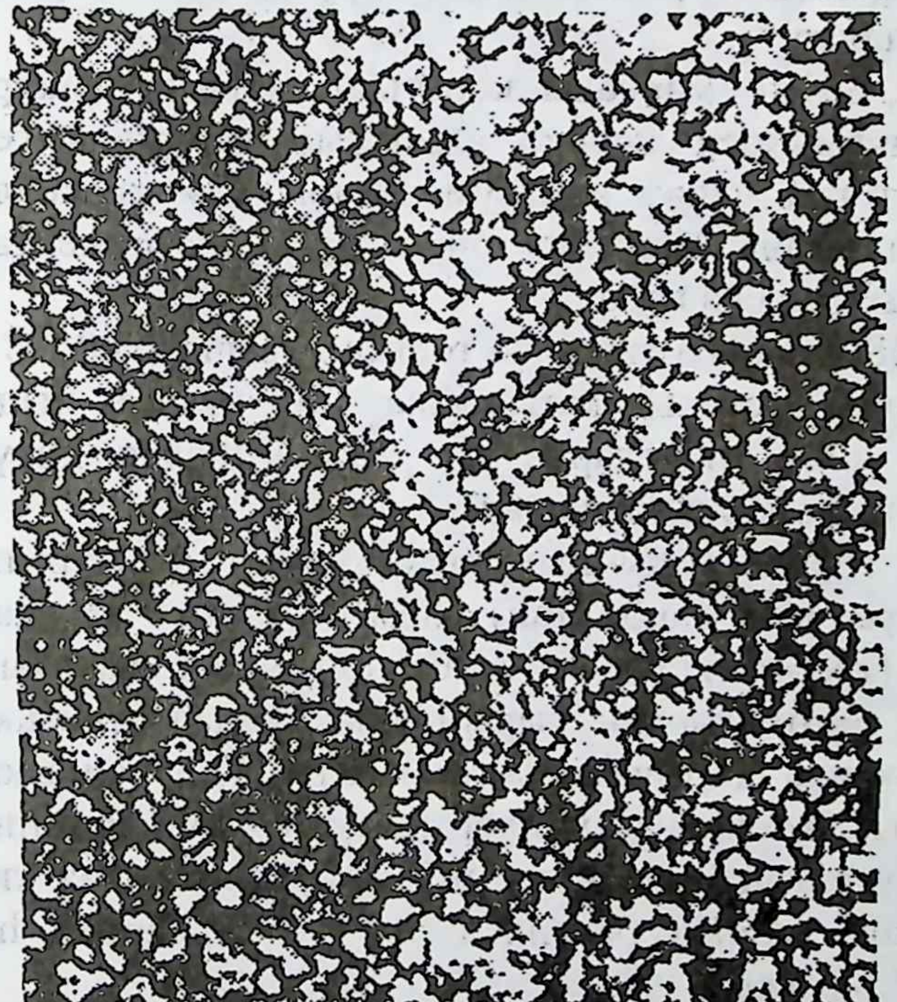
Х, ХГ, ХВГ, 9ХС, ХВ5, 3Х288Ф маркалы инструменталь легирланган корычларны чыныктырып һәм түбән кайтарып, кайтарылу мартенситы алалар. Термик эшкәртү нәтиҗәсендә, бу корычлар югары катылыкка, ныклыкка һәм тузуга каршы тору сәләтенә ия була. Кисү һәм үлчәү кораллары эшләү өчен Х маркалы корыч кулланыла. Яндырылган Х корычының структурасы – бөртекле перлиттан, ә 800^0С та чыныктырганнан һәм 180^0С та кайтарганнан соңгы, структурасы – мартенситтан һәм легирланган цементиттан тора (11.5 рәсем). Кисү инструментлары (развертка, фреза һ.б.) эшләү өчен,



Рәсем 11.3. 30ХГСА маркалы корычның структурасы.



Рәсем 11.4. 40Х маркалы корычның структурасы.



Рәсем 11.5. Х маркалы корычның чыныктырганнан һәм кайтарганнан соңгы структурасы.

кыйммәтле вольфрамлы корычны алыштыручы 9ХС маркалы корычны файдаланалар.

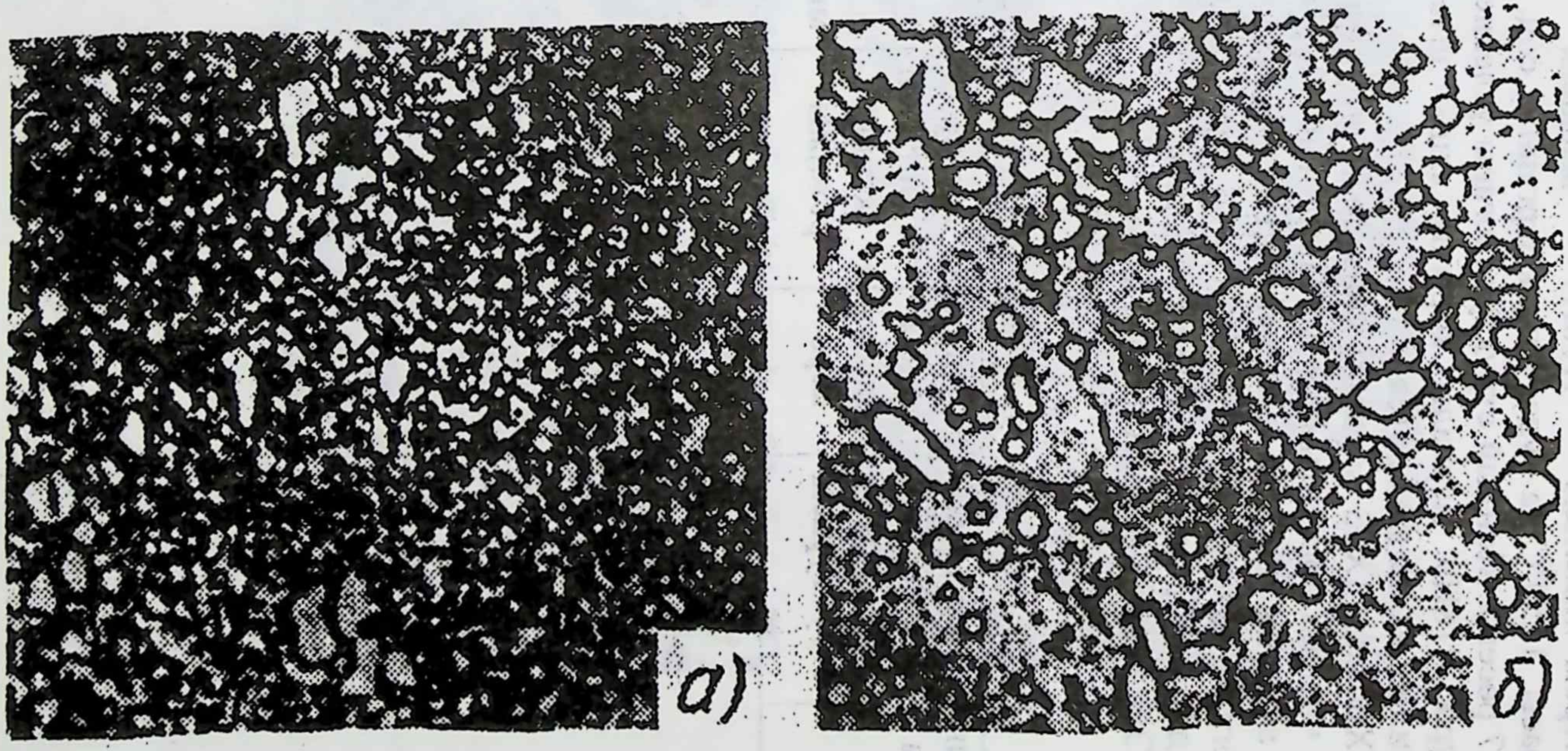
ХГ, ХВГ, 9ХВГ маркалы корычлар, термик эшкәртү вакытында үз үлчәмнәрен исәпкә алмаслык дәрәҗәдә генә үзгәрткәнлектән, төгәл үлчәү инструментлары һәм кискечләр хәзерләү өчен кулланыла. Күпчелек очракларда инструменталь корычлар карбидлы класска керә.

Р9 һәм Р18 маркалы тиз кисә торган корычлар 600^0C ка кадәр температурада югары катылыкка ия, тузуга чыдам булганга, аларны авыр шартларда зур тизлек белән кисүче инструментлар эшләү өчен кулланалар.

Тиз кисә торган корычның структурасы ледебуритлы эвтектикадан (беренчел карбидтан) һәм аустенит таркалу продуктларыннан (трооститтан һәм сорбиттан) яки таркалмаган аустениттан тора. Бөртекләрнең кырыйлары буйлап урнашкан ледебуритлы эвтектика корычны уалучан итә. Уалучанлыкны бетерү өчен, коелган корычны чүкиләр һәм тәгәрәтәләр, аннан соң яндыралар. Чүкелгән һәм яндырып эшкәртелгән, тиз кисә торган Р18 маркалы корыч беренчел эре карбидлардан һәм сорбиттан тора (11.6 рәсем).

Тиз кисү үзлекләрен корыч $1260–3000^0C$ та чыныктырганнан һәм 660^0C та күп тапкырлар кайтарганнан соң гына ала. Чыныктырудан соңгы тиз кисүчән корычның структурасы мартенситтан, карбидтан һәм калдык аустениттан тора (мартенсит бик начар беленә, шунлыктан, структура аустениттан һәм карбидтан гына торган шикелле). Чыныктырганнан һәм өч тапкыр кайтарганнан соң, корыч структурасы мартенситтан, карбидтан һәм структурада күренми дә торган бик аз микъдардагы аустениттан тора (11.6б рәсем).

Тутыкмас корыч коррозиягә бик каршы торучанлыгы, яхшы механик һәм технологик үзлекләре белән аерыла. Тутыкмас корычлар хром–никельлегә (аустенитлыгы) һәм хромлыларга (феррит–мартенситлыга) бүленә.



Рәсем 11.6. Тиз кисә торган Р18 маркалы корычның структурасы: а) чүкелгән һәм яндырып эшкәртелгән; б) чыныктырганнан һәм кайтарганнан соң.

Хром–никельле Х18Н9 маркалы корычның структурасы, 1150^{0}С та суда чыныктырганнан соң, аустениттан тора (11.7 рәсем). Мондый структура югары үзлекне тәэмин итә, шуңа күрә Х18Н9 маркалы корычы яхшы штамплана һәм салкын килеш яхшы тәгәрәтелә.

Хромлы 3Х13 маркалы корычның структурасы, 1050^{0}С та майда чыныктырганнан һәм кайтарганнан соң, мартенситтан һәм бик аз гына микъдардагы карбидтан тора (11.8 рәсем). Бу корыч югары ныклыкка ия шуңа күрә, зур йөкләнеш белән эшләүче детальләр хәзерләү өчен кулланыла.

Эш нәтиҗәләре таблицага языла.

Таблица

Корычның маркасы	Нормальләшкән микро–структурасы	Корыч кайсы класска керә	Термик эшкәртүнең якынча режимы	Термик эшкәртелгән корычның микроструктурасы

Рәсем 11.7. X18H19 маркалы тутыкмас корычның микроструктурасы.

Рәсем 11.8. 3X13 маркалы тутыкмас корычның структурасы

ЧУЕННЫҢ МИКРОСТРУКТУРАСЫН АНАЛИЗЛАУ

12 эш

Эшнең максаты:

1) ак, соры чуенның микроструктурасын өйрәнү;
2) структурасы белән механик үзлекләре арасындагы бәйлелекне күрсәтү.

Бирем:

1) ак, соры чуенның микроструктурасын өйрәнергә һәм рәсемен ясарга;
2) соры чуеннан эшләнгән шлифларның нинди структура классына керүен күрсәтергә;
3) соры чуенның микроструктурасын өйрәнүләр нигезендә, график төзәргә һәм төп структурага характеристика бирергә;
4) чуенның структурасы белән аның механик үзлекләре арасындагы бәйләнешне күрсәтергә;

Корычтан аермалы буларак, чуенның химик составы аның үзлекләрен төп–төгәл итеп сыйфатламый. Чуенның структурасы һәм төп үзлекләре химик үзлекләренә генә түгел, җитештерүнең технологиясенә һәм термик эшкәртү режимына да бәйле. Кристаллашу шартларына һәм углеродның формасына бәйле рәвештә, ак, соры һәм чукелучән чуеннарны аерып йөртәләр.

Ак чуен – составындагы углерод бары тик цементит F_3C рәвешендә генә булган эретмә. Эвтектикага кадәрге чуенның структурасы перлиттан, икенчел цементиттан һәм ледебуриттан тора. Составындагы углерод 2% тирәсе булган ак чуенда

икенчел цементит шактый ук ачык күренә, чөнки андый чуенда ледебурит аз була. Углерод арту белән, ледебурит та арта һәм бу вакытта икенчел цементитны ледебурит цементитыннан аеру кыенлаша (алар кушыла). Шуңа күрә, мондый эвтектикага кадәрге чуеннарның структурасы ледебуриттан һәм перлиттан тора дип әйтергә мөмкин (12.1 рәсем). Эвтектик чуенның структурасы ледебуриттан гына (12.2 рәсем), ә эвтектикадан соңгы чуенның структурасы беренчел цементиттан (эре пластиналар рәвешендә аерылып торалар) һәм ледебуриттан (12.3 рәсем) тора.

Ак чуеннар югары катылыклары һәм уалучанлыгы белән характерлана, чөнки алар структурасындагы ирекле һәм ледебурит составында шактый күп микъдарда цементит бар. Шуңа күрә, ак чуеннар машина һәм механизм детальләрен эшләү өчен кулланылмый.

Соры чуен – составындагы углерод ирекле графит рәвешендә булган эретмә. Графит төрле үлчәмдәге пластиналар формасында булырга мөмкин. Соры чуенның структурасы катлаулырак һәм ул металл нигездән (эвтектикага кадәрге һәм эвтектик корыч, феррит структуралы) һәм бу нигезендә сибелгән графит катнашмасыннан тора.

Металл нигезенең структурасы буенча, соры чуеннарны түбәндәге группаларга бүләләр:

1) Перлитлы чуен. Графит кертелмәләре булган перлитлы структура. Аның металл нигезе перлиттан тора, ә бәйләнгән углерод микъдары эвтектик концентрациягә тигез (12.4 рәсем). Мондый чуен коелмасы иң зур ныклыкка ия һәм яхшы киселә.
2) Феррит–перлитлы чуен. Графит катнашмасы булган феррит–перлитлы структура. Аның металл нигезе ферриттан һәм перлиттан тора, ә бәйләнгән углерод микъдары эвтектиклы концентрациядән кимрәк (12.5

рәсем). Мондый чуенның механик ныклыгы кимрәк, ләкин ук кисү юлы белән яхшырак эшкәртелә.

3) Ферритлы чуен. Графит кертелмәләре булган ферритлы структура. Аның нигезе ферриттан тора, ә бәйләнгән углерод микъдары юк диярлек (12.6 рәсем). Мондый чуенның механик үзлекләре түбәнрәк, ләкин кисү юлы белән җиңел эшкәртелә. Әлеге структуралар ике компонентлы тимер–углерод системасында бик акрын суыткан очракта барлыкка килә. Машина төзелешендәге соры чуеннар составына, углеродтан тыш Mn, Si, S, P һәм башка элементлар керә. Мондый чуеннарны алу шартлары тигезлек шартларына туры килми. Аларның структурасы, шулай ук, формага салына торган чуен температурасына, химик составына һәм суыту тизлегенә бәйле.

Ирекле углерод – графит аерылып чыгу сыек чуенда эремәгән графит кисәкләре булганда, кремний микъдарын арттырганда суыту тизлеген киметкәндә тизләшә, ә марганецны арттырып, суыту тизлеген зурайтканда акрыная.

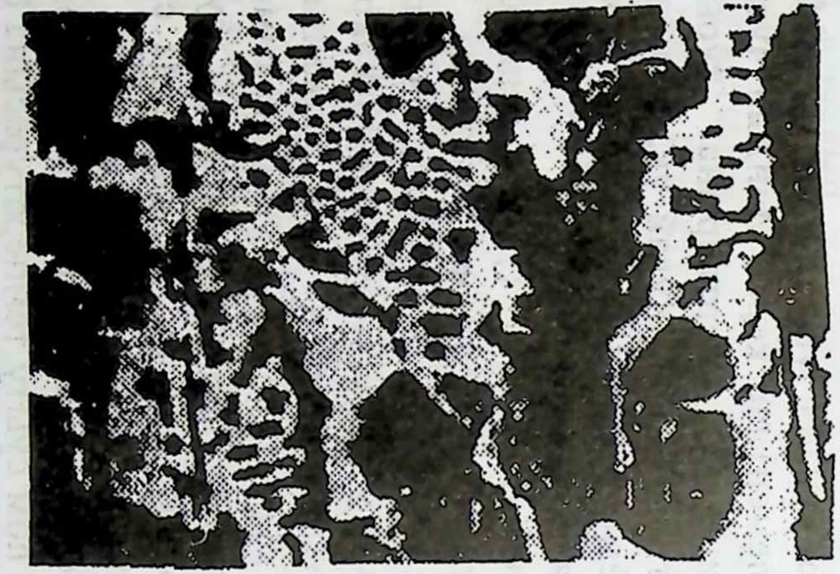
Чуенның углерод һәм кремний микъдары белән бәйләнешне күрсәтүче структур диаграмма 12.7 рәсемдә бирелә.

Диаграмма даими калынлыгы булган стеналар белән коелмалар өчен төзелгән. Димәк, анда суыту тизлегенең чуен структурасына тәэсире исәпкә алынмаган.

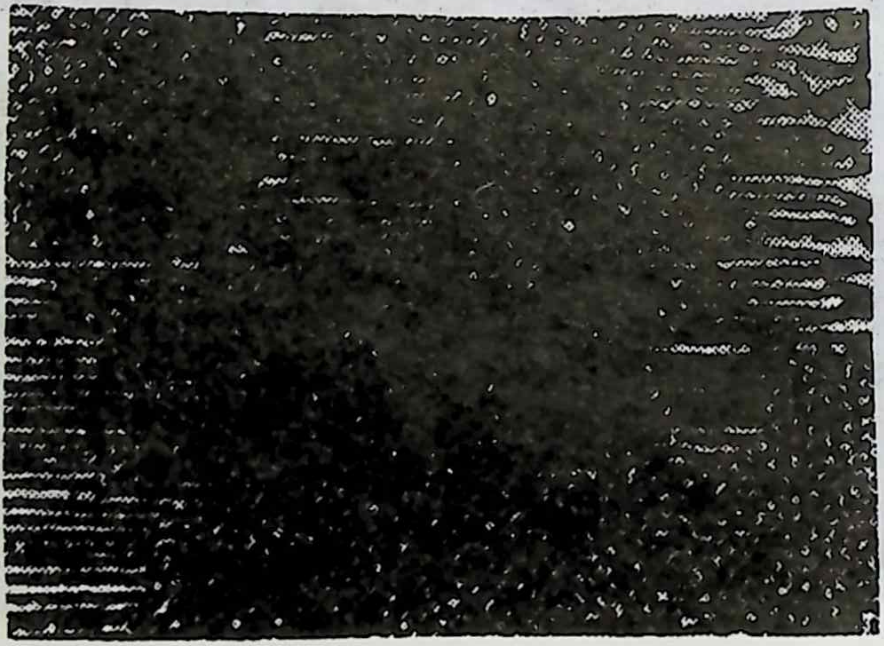
Чуен структурасындагы углерод һәм кремнийның гомуми микъдарына һәм суыту температурасына бәйләнешне күрсәткән структура диаграммасы 12.8 рәсемдә бирелә.

Перлитлы чуен, коелма стеналары төрле калынлыкта булган шартларда да, шактый ук бериш структурага ия.

Соры чуен структурасында шулай ук җиңел эрүчән фосфидлы эвтектика була, ул тимер фосфиды (F_3P) һәм цементитның каты эремәсеннән тора. Структурада ул эчендәге

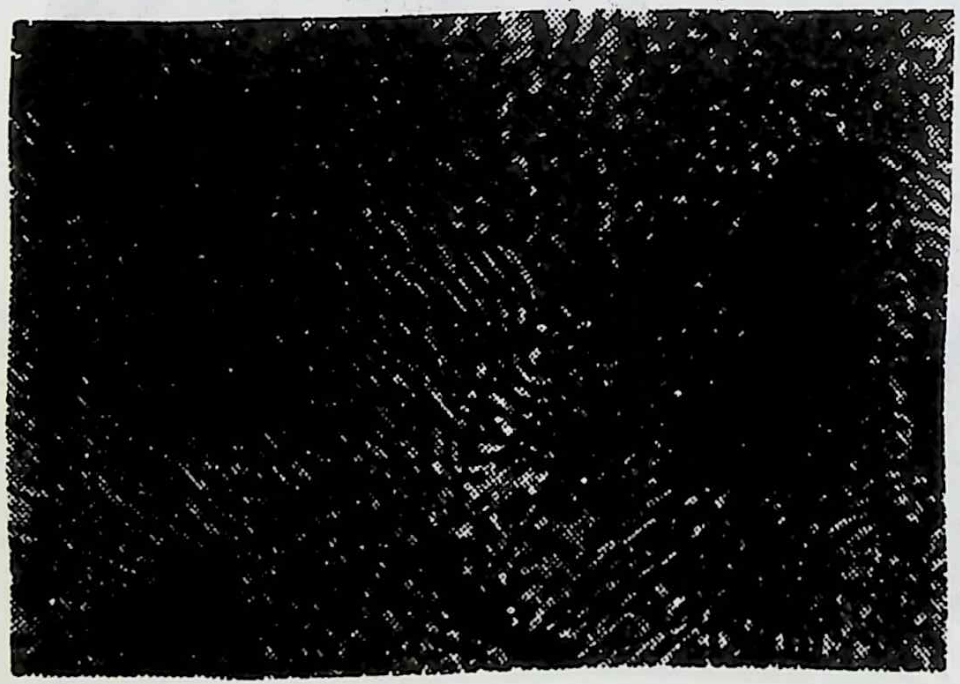


Рәсем 12.1. 3,2% С лы эвтектикага кадәрге чуен структурасы. Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (x450).



Рәсем 12.2. Эвтектик чуенның структурасы. Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (x450).

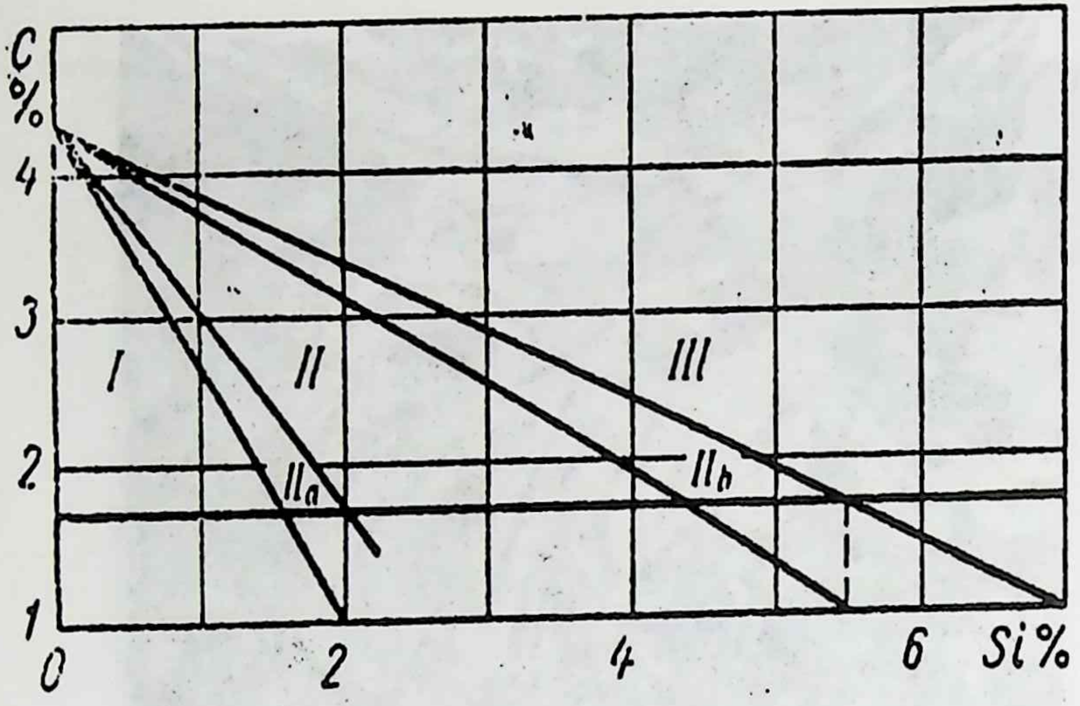
Рәсем 12.3. Эвтектикадан соңгы чуен. Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (х300).



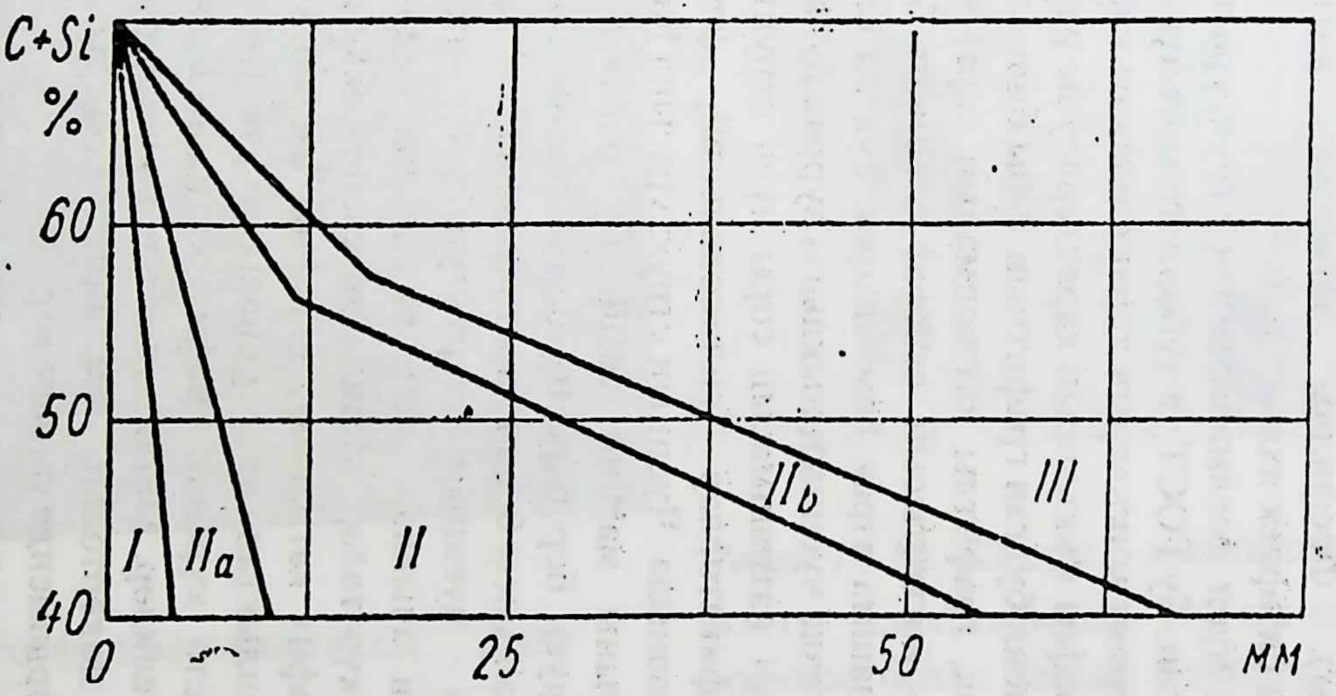
Рәсем 12.4. Перлитлы соры чуен. Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (х250).

Рәсем 12.5. Феррит–перлитлы чуен. . Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (x250).

Рәсем 12.6. Ферритлы соры чуен. . Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (х̣250).



Рәсем 12.7. Углерод һәм кремний нисбәтенә бәйле рәвештә, чуен структурасы, диаграммалар: I – ак чуен, II – перлит нигезле соры чуен, III – феррит нигезле соры чуен.



Рәсем 12.8. C+Si ның суммар микъдарына һәм деталь стенасының калынлыгына бәйле рәвештә, чуен структуралары диаграммасы.

караңгы перлит участоклары рәвешендә күзәтелә. Фосфорның составы 1%′ тан артык булганда, фосфидлы эвтектика бөртекләрнең чикләрендә рәшәткә сыман тупланмалар хасил итә (12.9 рәсем). Фосфидлы эвтектика катылыкны, тузуга чыдамлыгын сизәрлек яхшырта.

Соры чуен коелмаларының структурасы ГОСТ 3443–87 дә күрсәтелгән. Бу ГОСТ та түбәндәге мәгълүматлар бирелә:

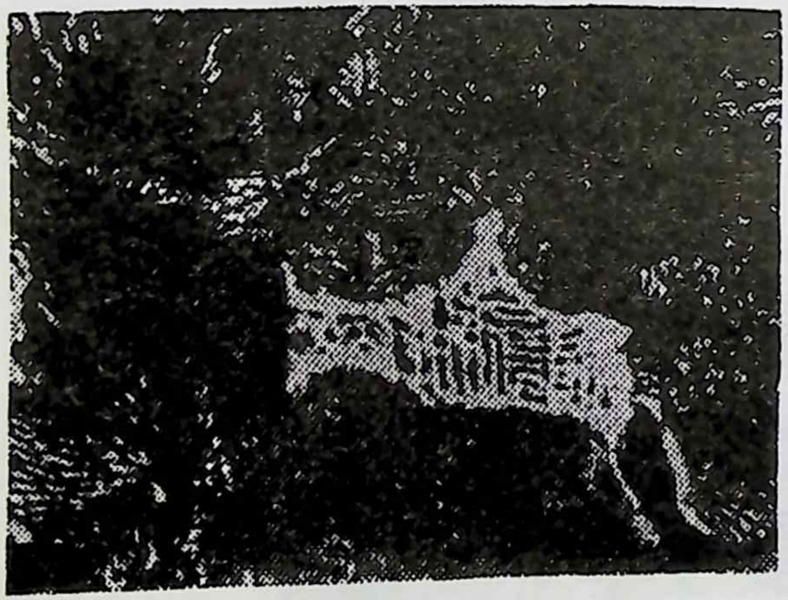
1) перлит микъдарын характерлаучы класс күрсәтелә;
2) графит микъдарын характерлаучы разряд күрсәтелә;
3) хасил булган графитның тибы билгеләнә.

Димәк, графитлы катнашманың соры чуенның механик үзлекләренә йогынтысын сыйфат ягыннан бәяләргә мөмкин. Графит катнашма азрак һәм кимрәк булган саен, бер үк төрле механик нигезле чуенның ныклыгы зуррак була.

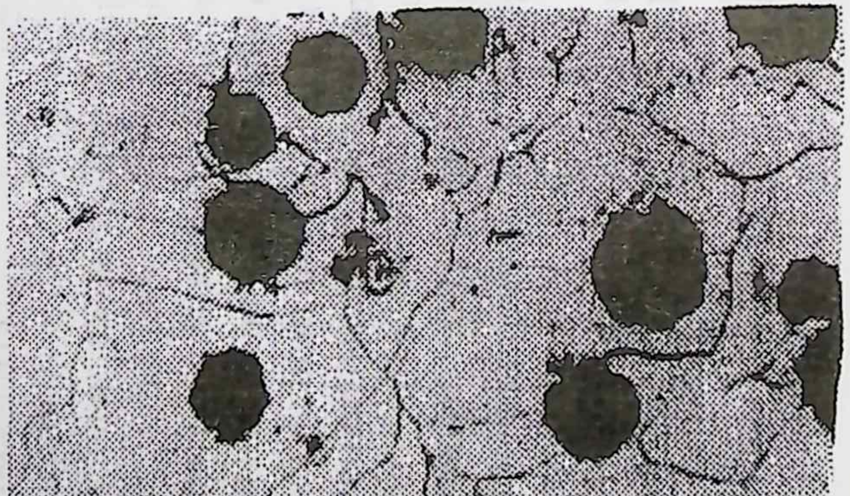
Графит катнашмасын соры чуен структурасында ваклау өчен модификаторлар (силикокальций, ферросилиций яки магний) кулланыла. Чуенның структурасына һәм үзлекләренә иң зур йогынтыны магний ясый. Бу очракта алынган югары ныклыклы чуен бер–берсенә бәйләнмәгән шарсыман глобуляр графит катнашмасы белән характерлана (12.10 рәсем).

Соры чуенның структурасын, иң элек, графит кушылмасын ачыклау өчен, химик юл белән эшкәртелмәгән шлифларда күзәтәләр. Металл нигезенең өске катламында яткан уалучан графит катнашма, шлифны әзерләгән вакытта, төсен үзгәртә, шунлыктан, алар урнашкан участоклар микроскоптан караңгы төстә күренә. Графит катнашмасын ГОСТ 3443–87 буенча билгелиләр. Металл нигезен ачыклау өчен чуенны химик юл белән эшкәртәләр һәм аннан соң гына микрошлифны микроскоп ярдәмендә өйрәнәләр.

Соры чуеннарның маркалы һәм үзлекләре ГОСТ 1412–84 тә китерелгән. Коелган чуен эвтектикага кадәрге ак чуенны яндыру юлы белән алына. Озак томалау нәтиҗәсендә, ак чуенның цементиты, өлешчә яки тулысынча, углерод хасил итеп



Рәсем 12.9. Фосфидлы эвтектиклы. . Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (х500).



Рәсем 12.10. Югары ныклыклы чуен. Азот кислотасының 4% лы спиртлы эремәсе белән химик эшкәртү (х200).

таркала. Коелган чуенны, эшләнү технологиясенә карап, ферритлы, феррит–перлитлы һәм перлитлы коелган чуеннарга аерып йөртәләр.

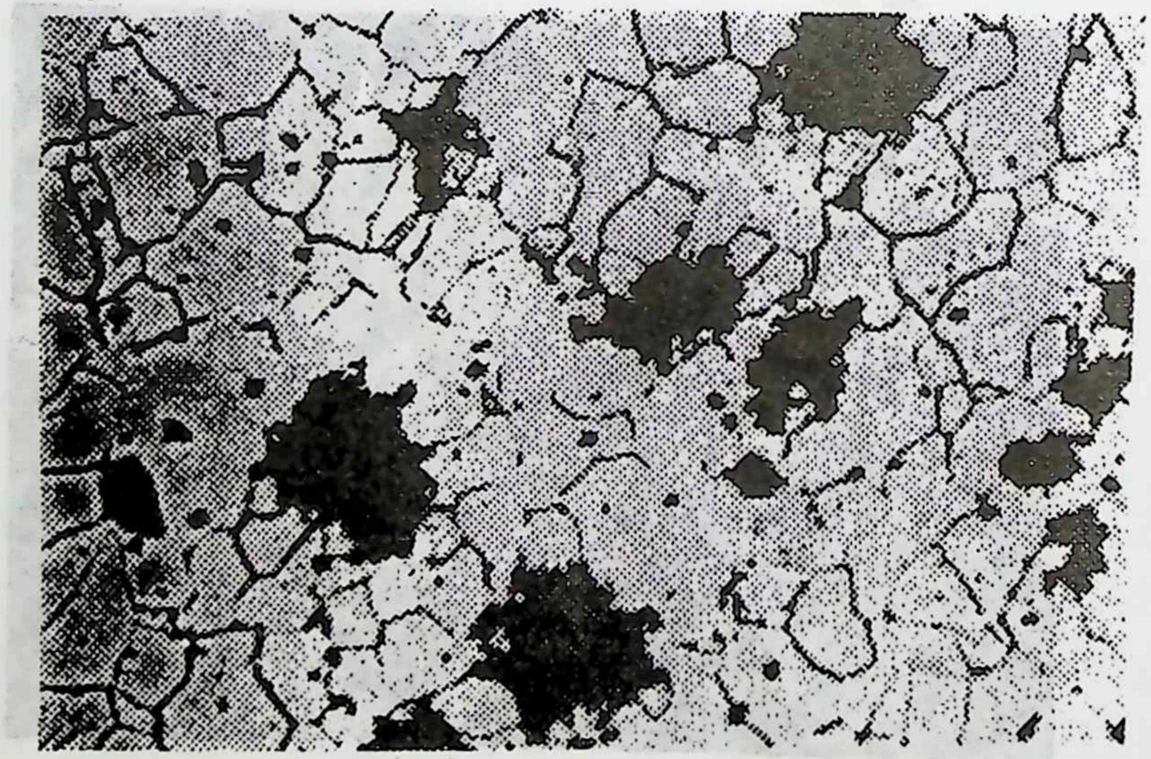
Ак чуен эшләнмәләрне нейтраль атмосферада яндырып, ак чуен составындагы цементитның тулысынча таркалуына ирешергә мөмкин. Шулай ук ферриттан һәм аерым–аерым укмашкан кушылма рәвешендәге графиттан торган коелган чуен табарга була (12.11 рәсем). Детальләрне яндырып перлит цементитын таркатмыйча, яисә өлешчә таркатып кына да булырга мөмкин; ул вакытта, металл нигезле коелма чуенның структурасы перлиттан яки феррит һәм перлиттан тора.

Эшләнмәләрне оксидлаучы атмосферада өске катламны яндыргач коелма чуенның металл нигезе перлитлы яки перлит–ферритлы була (12.12 рәсем). Бу очракта чуенның структурасында өслектән алып үзәккә кадәр перлит һәм графит микъдарының артуы күзәтелә.

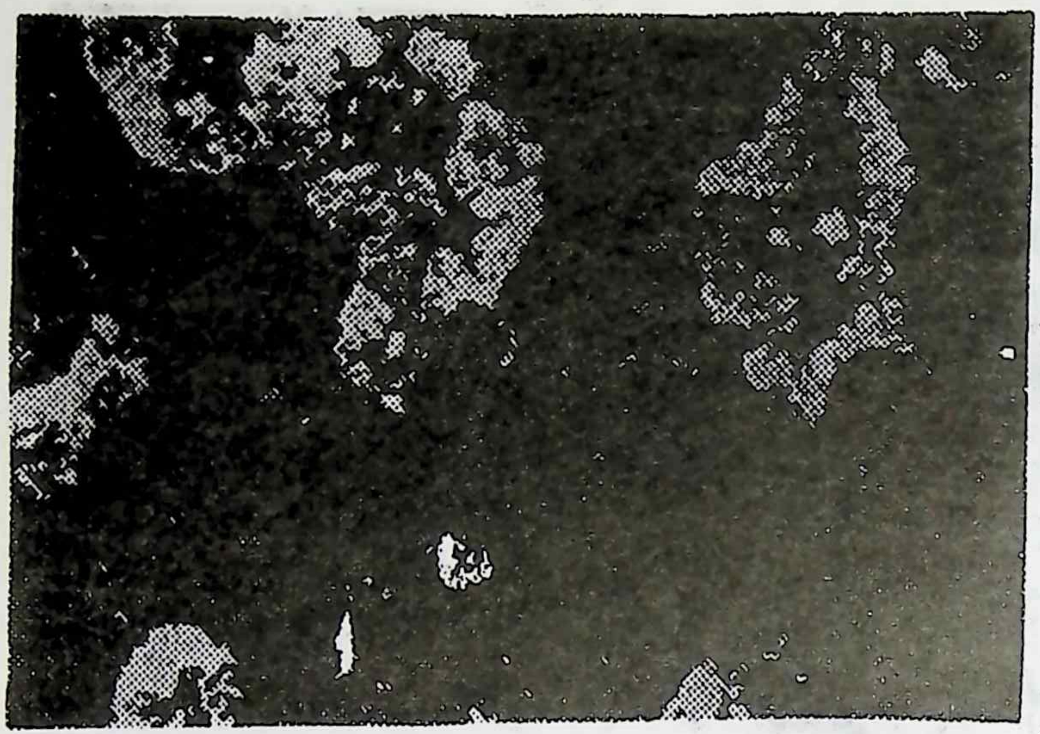
Нәтиҗәләр таблицага языла.

Таблица

Чуенның маркасы	Катылык, НВ	Микро–структура	Чуен структура классы	Графитлы кертелмә–ләргә характерис-тика	Төп металл структура–сына характе–ристика



Рәсем 12.11. Феррит нигезле графитланган коелма чуен, (x200).



Рәсем 12.12. Углеродсызландырылган коелма чуен (өске катлам – перлит белән феррит, үзәктә – перлит) (x200).

САЛКЫН ПЛАСТИК ДЕФОРМАЦИЯНЕҢ ҺӘМ АННАН СОҢГЫ ЯНДЫРУЫНЫҢ КОРЫЧ ҮЗЛЕГЕНӘ ТӘЭСИРЕ

13 эш

Эшнең максаты.

Салкын пластик деформациянең аз углеродлы корыч структурасына һәм үзлегенә (катылыгына) тәэсирен һәм рекристаллашу температурасының салкын деформацияләнгән аз углеродлы корыч структурасына һәм үзлегенә (катылыгына) тәэсирен өйрәнү.

Кулланыштагы барлык корылмалар да үзләренә көчәнеш тудыручы тышкы көчләр тәэсиренә бирелә. Бу көчәнеш материалда деформация китереп чыгара һәм җимерелүгә китәргә мөмкин. Төрле металл конструкцияләрдәге көчәнешләрне билгеләү өчен механик сынаулар үткәрелә.

Йөкләнеш, түбәндәге төргә бүленә:

а) статик: үрнәккә йөкләнеш акрынлап арта бара яки үрнәк озак вакытлар буе даими куелган йөкләнеш тәэсирендә тора (сузылу, кысылу, бөгелү, катылыкны билгеләү һ.б. сынаулар).

б) динамик: үрнәккә йөкләнеш бәрмә тәэсир итә;

в) кабатлы: үзгәрешле сынаулар, сынау вакытында йөкләнеш зурлыгы буенча яки зурлыгы һәм юнәлеше буенча күп тапкырлар үзгәрә.

Бу лаборатор эштә, ныклылык характеристикасы буларак, катылык тикшерелә.

Бирем:

1) Бринель приборында диаметры 10 мм булган чыныктырылган корыч шарчыкны батырып

кертү юлы белән 187, 250, 500, 1000, 2000 һәм 3000 кг йөкләнештә, ә бер үрнәктә һәм 2000 кг йөкләнештә дүрт 10 маркалы корыч үрнәгендә салкын пластик деформация үткәрергә;

2) Үрнәкнең башлангыч катылыгын һәм Роквелл приборы шарчыгы 100 кгк (шкала В) йөкләнеш белән төрле дәрәҗәдәге пластик деформация ясаганнан соң, катылыгын үлчәргә. Үлчәүне шарчык эзнең үзәгендә һәм деформацияләнмәгән өслектә үткәрергә. Һәр эздә генә үлчәү үткәреп, нәтиҗәләрне 1 таблицада күрсәтергә:

1 таблица

Корычның маркасы	Пластик деформациянең зурлыгы (Бринель буенча пропорциональ йөкләнеш)	Катылык	Искәрмә
Корыч 10	80 187 250 500 1000 2000 3000		

3) 2000 кгк йөкләнеш белән пластик деформацияләнгән дүрт үрнәк өчен яндыру

үткәрергә. Бу үрнәкләрне 400, 500, 650, 750^{0}C ка кадәр җылытылган 45 минут тотарга кирәк;

4) 100 кгк йөкләнешле Роквелл приборы шарчыгы белән яндырылган үрнәкләрнең шарчык эзе үзәгендә катылыкны үлчәргә. Нәтиҗәләрне 2 таблицага язарга;

5) 1 таблицадагы саннар нигезендә, катылыкның салкын пластик деформация дәрәҗәсенә бәйле рәвештә үзгәрүе графигын төзегез (10 маркалы корычның);

6) 2 таблицадан файдаланып, катылыкның пластик деформацияләнгән корыч үрнәкләренең җылыту температурасына бәйләнеш графигын төзергә;

2 таблица

Корычның маркасы	Пластик деформациянең зурлыгы (Бринель буенча пропорциональ йөкләнеш)	Катылык HRB
		Яндыру температурасы 400 550 650 750

7) 10 маркалы корыч структурасын пластик деформациягә кадәр, 50–70% салкын пластик деформациядән соң тикшерергә һәм рәсемен ясарга;

8) эш буенча 2 нче, 4 нче, 5 нче, 7 нче пунктлар нигезендә отчет язарга.

Методик күрсәтмәләр

1. 10 маркалы корыч үрнәкләрен студентлар узара бүлешә.
2. Һәр студент, үзенең биремен үтәгәннән соң, нәтиҗәләрен 1 нче һәм 2 нче таблицага яза, графикларны төзи.
3. Салкын пластик деформация дәрәҗәсе түбәндәге чагыштырма буенча исәпләнә:

$$f = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100\%$$

биредә h_0 – үрнәкнең башлангыч калынлыгы; h_1 – үрнәкнең салкын пластик деформациядән соңгы калынлыгы (сфера эзе үзәгендә), мм.

4. Муфельле мичләрдә тотканнан соң, үрнәкләр һавада суытыла.
5. Яндырылган үрнәкләрнең катылыгын үлчәү, аларны яныклардан чистарткач үтәлә.
6. Үрнәкләрнең микроструктурасын махсус хәзерләнгән шлифларда өйрәнәләр.
7. Пластик деформацияләгән һәм яндырылган 10 маркалы корыч үрнәкләренең структурасын шарчык эз ясаган яссылыкка карата перпендикуляр булган яссылыкта тикшерәләр.

Отчет түбәндәге тәртиптә тезелә:

а) сыгылмалы һәм пластик деформацияләрнең механизмы сурәтләнә;

б) металл һәм эретмәләрнең теоретик һәм чынбарлыктагы ныклыгына билгеләмә бирелә;
в) аз һәм уртача углеродлы корычлар өчен, Бринель буенча, катылык белән сузылуга карата ныклык чиге арасындагы бәйләнеш күрсәтелә;
г) эш нәтиҗәләре таблица, графиклар һәм рәсемнәр рәвешендә күрсәтелә;
д) алынган нәтиҗәләр гомумиләштерелә.

Тәкъдимнәр

Лаборатор эшләрне үтәп, тапшыру өчен, программа:

- моно һәм поликристаллик җисемнең төзелешен;
- эчке һәм тышкы бөртекләрнең төзелешен;
- кристаллик төзелмәләрнең камил булмау төрләрен;
- дефектлар санын арттырып, ныклыкны үзгәртү;
- металларның реаль һәм теоретик ныклыгын;
- сытылмалы һәм пластик деформация;
- салкын пластик деформациянең материалларның структурасына һәм үзлекләренә тәэсире;
- кайтаруны һәм рекристаллашуны;
- рекристаллашу температурасының бөртекнең үлчәменә тәэсирен;
- механик үзлекләрне билгеләү методларын өйрәнү ысуллары.

Әдәбият

1. Лахтин Ю.М. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989 г.
2. Гуляев А.П. Материаловедение и технология металлов. – М.: Металлургия, 1988 г.
3. Солнцев Ю.П. изд. Металловедение и технология металлов. – М.: Металлургия, 1988 г.
4. Черток В.Е. Лабораторный практикум по технологии металлов и конструкционным материалам. – М.: Машиностроение, 1969г.
5. Гарифуллин Ф.А. и др. Микроструктурный анализ металлических сплавов. КХТИ, 1990 г.
6. Гарифуллин Ф.А. и др. Термическая обработка черных и цветных металлов и сплавов. КГТУ, 1995г.
7. Гарифуллин Ф.А. и др. Анализ микроструктуры легированных сталей.
8. Гарифуллин Ф.А. и др. Анализ микроструктуры чугунов. КГТУ, 1996 г.
9. Гарифуллин Ф.А. и др. Микроструктура цветных металлов и сплавов. КГТУ, 1996г.

ЭЧТӘЛЕК

1. Термик анализлар өчен приборлар һәм җиһазлар 4
2. Металларны һәм металл эретмәләрен микроскоп ярдәмендә тикшерү 16
3. Кургаш-сөрмә эретмәләрнең халәт диаграммасын анализлау 25
4. Тимер һәм углеродлы эретмәләрнең тигезләнеш торышындагы структурасы 36
5. Тимер-цементит эретмәсе системасының халәт диаграммасын анализлау 56
6. Углеродлы корычны термик эшкәртү һәм микроанализлау 69
7. Дюралюминийны термик эшкәртү 85
8. Корычны химик-термик эшкәртү 93
9. Корычның кыздырылучанлыгын торецны чыныктыру юлы белән билгеләү 100
10. Төсле металларның һәм эретмәләрнең микроструктурасы 112
11. Легирланган корычларның микроструктурасын анализлау 133
12. Чуеннарның микроструктурасын анализлау 147
13. Салкын пластик деформациянең һәм аннан соңгы яндыруның корыч үзләкләренә тәэсире 164

Әдәбият 169

Ф.Ә.ГАРИФУЛЛИН

Ф.Ф.ИБЛӘМИНОВ

В.С.МАНЬКО

МАТЕРИАЛЛАР БЕЛЕМЕ БУЕНЧА ЛАБОРАТОРИЯ ЭШЛӘРЕ

Авторлар редакциясендә басыла.

020404 нче лицензия 6.03.97

Басарга кул куелды 3.10.01г. Форматы 60х84 1/16
Китап журнал кәгазе Офсет юлы белән басыла
Шартлы басма табагы 10,75 Нәшер-хисап табагы 10,0
Тиражы 100 данә Заказ 268 «С» 183.

Казан дәүләт технология университеты
Казан дәүләт технология университетның офсет лабораториясе
420015, Казан, К.Маркс урамы, 68 нче йорт